

**Latest bibliographic data on file with the International Bureau**

---

**Publication** WO/1999/017142 **International** PCT/JP1998/004432  
**Number:** **Application No.:**  
**Publication** **International Filing** 01.10.1998  
**Date:** 08.04.1999 **Date:**

**Chapter 2 Demand Filed:** 23.04.1999

**Int. Class.:** G02B 6/12 (2006.01), G02B 6/42 (2006.01), G02B 6/43 (2006.01)

**Applicants:** **HITACHI CHEMICAL COMPANY, LTD.** [JP/JP]; 1-1, Nishishinjuku  
2-chome Shinjuku-ku Tokyo 163-0449 (JP) (*All Except US*).

**KUWANA, Yasuhiro** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi  
Chemical Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP) (*US  
Only*).

**HONDA, Yutaka** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi Chemical  
Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP) (*US Only*).

**MIYADERA, Nobuo** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi  
Chemical Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP) (*US  
Only*).

**TAKAHASHI, Toru** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi  
Chemical Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP) (*US  
Only*).

**Inventors:** **KUWANA, Yasuhiro** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi  
Chemical Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP).

**HONDA, Yutaka** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi Chemical  
Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP).

**MIYADERA, Nobuo** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi  
Chemical Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP).

**TAKAHASHI, Toru** [JP/JP]; Tsukuba Research Laboratory Hitachi  
Chemical Co., Ltd. 48, Wadai Tsukuba-shi Ibaraki-ken 300-4247 (JP).

**Agent:** **TOMITA, Kazuko**; 7F Yokohama HS-Building 9-10, Kitasaiwai 2-chome  
Nishi-ku Yokohama-shi Kanagawa 220-0004 (JP).

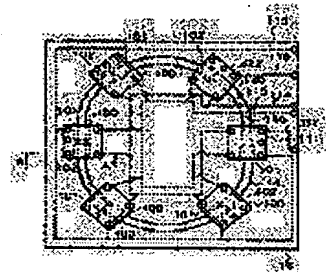
**Priority Data:** 9/269003 01.10.1997 JP

9/269004 01.10.1997 JP

**Title:** OPTICAL INFORMATION PROCESSOR

**Abstract:**

An optical information processor for converting an I/O signal of an electric circuit through light emitting/receiving elements into an optical signal and transmitting it through an optical waveguide wherein the alignment



between the optical waveguide and the light emitting/receiving elements is facilitated. The optical information processor comprises a waveguide substrate (10) provided with an optical waveguide, and an electric circuit board (100) mounted oppositely to an optical waveguide (14) on the waveguide substrate (10). A light receiving element (101) for receiving light propagated through the optical waveguide (14) is disposed below the optical waveguide (14), and the electric circuit on the electric circuit board (100) is connected with the light receiving element (101).

**Designated** AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK,

**States:** EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW.

African Regional Intellectual Property Org. (ARIPO) (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW)

Eurasian Patent Organization (EAPO) (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM)

European Patent Office (EPO) (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)

African Intellectual Property Organization (OAPI) (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publication Language:** Japanese (JA)

**Filing Language:** Japanese (JA)

(11) 国際公開番号

WO 99/17142

発行日 平成14年8月27日(2002.8.27)

(43)国際公開日 平成11年4月8日(1999.4.8)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 6/00  
6/122

識別記号

F I  
G O 2 B 6/00  
6/12

C  
A

審查請求 有      予備審查請求 有      (全 70 頁)

出願番号	特願2000-514154( P2000-514154)
(21) 国際出願番号	PCT/J P 98/04432
(22) 国際出願日	平成10年10月1日(1998. 10. 1)
(31) 優先権主張番号	特願平9-269003
(32) 優先日	平成9年10月1日(1997. 10. 1)
(33) 優先権主張国	日本(J P)
(31) 優先権主張番号	特願平9-269004
(32) 優先日	平成9年10月1日(1997. 10. 1)
(33) 優先権主張国	日本(J P)

(71)出願人 日立化成工業株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目1番1号

(72)発明者 桑名 保宏  
茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式  
会社/筑波開発研究所内

(72)発明者 本田 裕  
茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式  
会社/筑波開発研究所内

(72)発明者 宮寺 信生  
茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式  
会社/筑波開発研究所内

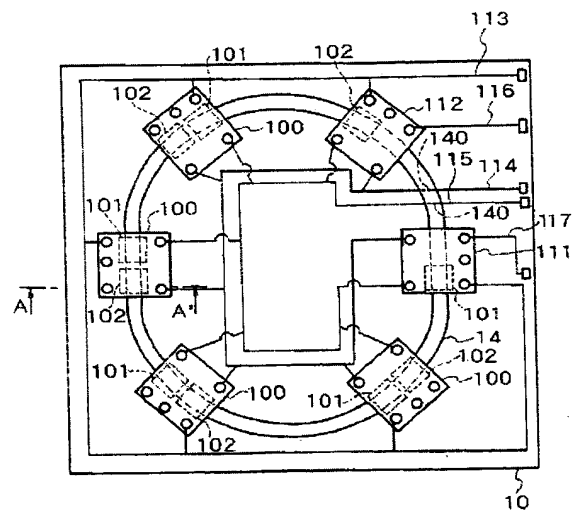
(74)代理人 弁理士 富田 和子 (外1名)

**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 光情報処理装置

(57) 【要約】

電気回路の入出力信号を、受発光素子で光信号に変換して光導波路で伝送する構成の光情報処理装置において、光導波路と受発光素子とのアライメントの容易な光情報処理装置を提供する。すなわち、光導波路を備えた導波路基板 10 と、光導波路 14 と対向するように導波路基板 10 上に搭載された電気回路基板 100 とを有する。ここで、光導波路 14 の下部には、光導波路 14 を伝搬する光を受光するための受光素子 101 が配置され、電気回路基板 100 の電気回路は、受光素子 101 に接続されている。



(2)

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】** 光導波路を備えた導波路基板と、

前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、

前記光導波路の下部には、前記光導波路を伝搬する光を受光するための受光素子が配置され、

前記電気回路基板の電気回路は、前記受光素子に接続されていることを特徴とする光情報処理装置。

**【請求項 2】** 請求項 1 に記載の光情報処理装置において、前記光導波路には、前記伝搬光の一部を前記受光素子に向けて偏向する偏向手段が設けられていることを特徴とする光情報処理装置。

**【請求項 3】** 請求項 1 に記載の光情報処理装置において、前記光導波路は、前記伝搬光の一部を前記受光素子に入射させるために、前記受光素子の上部で伝搬効率が変化していることを特徴とする光情報処理装置。

**【請求項 4】** 請求項 1 に記載の光情報処理装置において、前記光導波路には、前記伝搬光の一部を前記受光素子に入射させるために、前記伝搬光の一部を散乱させる手段が設けられていることを特徴とする光情報処理装置。

**【請求項 5】** 請求項 2 に記載の光情報処理装置において、前記偏向手段は、伝搬光を反射するミラーであることを特徴とする光情報処理装置。

**【請求項 6】** 請求項 5 に記載の光情報処理装置において、前記ミラーは、前記光導波路の上面に形成された凹部と、前記凹部の少なくとも内壁面上に形成された反射膜とを有することを特徴とする光情報処理装置。

**【請求項 7】** 光導波路を備えた導波路基板と、

前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、

前記光導波路の下部には、前記光導波路に伝搬させる光を発光するための発光素子が配置され、

前記電気回路基板の電気回路は、前記発光素子に接続されていることを特徴とする光情報処理装置。

(3)

【請求項 8】基板と、前記基板上に配置された光信号を循環させるための環状光導波路と、複数の電気回路と、前記複数の電気回路をそれぞれ前記環状光導波路に接続するための一以上の受光素子および一以上の発光素子を有し、

前記一以上の受光素子および／または前記一以上の発光素子は、前記光導波路の下に配置されていることを特徴とする光情報処置システム。

【請求項 9】基板と、前記基板上に配置された光信号を循環させるための環状光導波路と、一以上の第 1 タイプの電気回路と、一以上の第 2 タイプの電気回路と、前記第 1 タイプの電気回路を前記環状光導波路に接続するために前記第 1 タイプの電気回路に接続された受光素子および発光素子の対と、前記第 2 タイプの電気回路を前記環状光導波路に接続するために前記第 2 タイプの電気回路に接続された受光素子または発光素子とを有し、

前記受光素子および前記発光素子のうちの少なくとも一つは、前記光導波路の下に配置されていることを特徴とする光情報処置システム。

【請求項 10】基板と、前記基板上に配置された光信号を循環させるための環状光導波路と、一以上の第 1 タイプの電気回路と、一以上の第 2 タイプの電気回路と、前記第 1 タイプの電気回路を前記環状光導波路に接続するために前記第 1 タイプの電気回路に接続された受光素子および発光素子の対と、前記第 2 タイプの電気回路を前記環状光導波路に接続するために前記第 2 タイプの電気回路に接続された受光素子または発光素子とを有し、

前記第 1 タイプの電気回路に接続された受光素子および発光素子の対、ならびに、前記第 2 タイプの電気回路に接続された受光素子または発光素子は、いずれも、前記光導波路の下に配置されていることを特徴とする光情報処置システム。

【請求項 11】光導波路を備えた導波路基板と、

前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、

前記電気回路基板は、前記光導波路を伝搬する光信号を受光するための受光素子と、電気回路とを備え、

前記導波路基板と前記電気回路基板との間の空間の少なくとも一部は、樹脂によって充填されていることを特徴とする光情報処理装置。

## (4)

【請求項 1 2】請求項 1 1 に記載の光情報処理装置において、前記樹脂は、前記光導波路と前記受光素子との間の空間のみを充填し、前記光導波路から前記受光素子へ向かって出射される光のガイドを兼ねていることを特徴とする光情報処理装置。

【請求項 1 3】請求項 1 1 に記載の光情報処理装置において、前記樹脂は、前記導波路基板と前記電気回路基板との空間の周囲部分のみを充填することを特徴とする光情報処理装置。

【請求項 1 4】請求項 1 1 に記載の光情報処理装置において、前記樹脂は、前記導波路基板と前記電気回路基板との空間のうち、前記光導波路と前記受光素子との間の空間を除いた空間を充填することを特徴とする光情報処理装置。

【請求項 1 5】請求項 1 1 に記載の光情報処理装置において、前記導波路基板は、配線パターンを有し、

前記樹脂の一部は、導電性であり、

前記受光素子および電気回路は、前記樹脂によって前記配線パターンと電氣的に接続されていることを特徴とする光情報処理装置。

(5)

**【発明の詳細な説明】****技術分野**

本発明は、集積回路間を光導波路で接続し、光信号で信号を伝送する光情報処理装置に関する。

**背景技術**

複数の集積回路間での信号の送受信のために、電気信号を一旦光信号に変換し、光信号で送受信する光インターコネクション（内部光結合）の技術として、文献 Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 36 (1997) pp. 1903-1906 では、基板上の光導波路を用いて電気信号を伝搬する構成が開示されている。この構成では、LSI 基板に、電気信号と光信号との変換のための発光ダイオードおよび受光素子を取り付け、この LSI 基板を、光導波路が形成された基板上に搭載している。そして、光導波路を伝搬する光信号を、光導波路内のマイクロミラーで基板面に垂直な方向に偏向させることにより、光導波路から出射させ、この光信号を LSI 基板上の受光素子で受光する。また、発光ダイオードから光導波路に向かって光信号を出射させ、これを光導波路内のマイクロミラーで光導波路の伝搬方向に偏向させ、光導波路を伝搬させる。

このような従来のシステムでは、LSI 基板上の発光ダイオードならびに受光素子を、光導波路基板の光導波路内のマイクロミラーに対してアライメントしながら、LSI 基板と光導波路基板とを固定する必要がある。

**発明の開示**

本発明は、電気回路の入出力信号を、受発光素子で光信号に変換して光導波路で伝送する構成の光情報処理装置において、光導波路と受発光素子とのアライメントの容易な光情報処理装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するために、本発明の第1の態様によれば、以下のような光情報処理装置が提供される。

すなわち、光導波路を備えた導波路基板と、  
前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、  
前記光導波路の下部には、前記光導波路を伝搬する光を受光するための受光素

(6)

子が配置され、

前記電気回路基板の電気回路は、前記受光素子に接続されていることを特徴とする光情報処理装置である。

上記目的を達成するために、本発明の第2の態様によれば、以下のような光情報処理装置が提供される。

すなわち、光導波路を備えた導波路基板と、

前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、

前記電気回路基板は、前記光導波路を伝搬する光信号を受光するための受光素子と、電気回路とを備え、

前記導波路基板と前記電気回路基板との間の空間の少なくとも一部は、樹脂によって充填されていることを特徴とする光情報処理装置である。

#### 発明を実施するための最良の形態

本発明の一実施の形態について、図面を用いて説明する。

まず、第1の実施の形態の光情報処理システムの構成について説明する。シリコン基板10上には、図1、図4のように、環状の光導波路14が形成されている。また、シリコン基板10には、光導波路14に沿う4地点に、受光素子101と発光ダイオード（LEDその他レーザダイオードなどの発光素子を含む）102とを隣り合わせにして配置している。また、別の1地点には受光素子101が単独で配置され、さらに別の1地点には、発光ダイオード102が単独で配置されている。これらの受光素子101、発光ダイオード102の受発光面は、上面にある。これら受光素子101および発光ダイオード102が配置されている6地点の光導波路14には、アルミ膜313からなるマイクロミラーが形成されている（図4）。このアルミ膜313からなるマイクロミラーは、光導波路14の光の伝搬方向にそって2つの傾斜面を有し、一方の傾斜面によって、伝搬光の一部300を下向きに偏向し、受光素子101に入射させる。また、他方の傾斜面は、発光ダイオード102から出射された光301を、光導波路14の伝搬方向に偏向することにより、光導波路14に伝搬させる。

受光素子101と発光ダイオード102とが隣り合わせで配置されている4地



(7)

点の上には、LSI基板100が搭載されている(図3)。また、受光素子101のみが配置されている1地点の上には、LSI基板111が搭載されている。発光ダイオード102のみが配置されている1地点の上には、LSI基板112が搭載されている。各LSI基板100、111、112には、図2のようにLSI103が搭載されている

LSI基板100、111、112の周囲には、図5(a), (b), (c)のように、5カ所にアルミパッド121が形成されている。基板10上にも、アルミパッド121と対向する位置にアルミパッド122が形成されている。これらは、クロム膜123および導電性接着剤層142を介して銅バンプ124によって接続されている(図3)。クロム膜123は、銅バンプ124とアルミパッド122との接着強度を高めるために配置されている。基板10とLSI基板100等との間の空隙には、樹脂201が充填され、これにより封止されている。

また、基板10上には、光導波路14の他に、図1、図2のように、電源用配線113、グランド用配線114、クロック信号用配線115、および、入出力信号配線116、117が形成されている。電源用配線113、グランド用配線114、クロック信号用配線115は、各基板100等の下部のアルミパッド122のいずれかにそれぞれ接続されている(図1、図2)。電源用配線113、グランド用配線114、クロック信号用配線115、および、入出力信号配線116、117は、それぞれ接続パッド113a, 114a, 115a, 116a, 117aを介して、電源回路130、アース131、クロック回路132、制御部133に接続されている。

また、図示していないが、基板10には、受光素子101の出力信号および発光ダイオード102への入力信号を、それらに対応する上部の基板100等へのアルミパッド122のいずれかに接続する配線が形成されている。

また、入力信号配線116は、基板112のアルミパッド122に接続され、出力信号配線117は、基板111のアルミパッド122に接続されている。

よって、電源、グランド、クロック信号、入出力信号は、それぞれ、銅バンプ124を介して、基板100、111、112上に供給される。そして、基板100、111、112上の配線134、135、136を介して、LSI103

(8)

に供給される(図5(a), (b), (c))。また、LSI103と受光素子101との接続、LSI103と発光ダイオード102との接続も銅バンプ124、および、配線134、135、136を介して行われる。

また、基板10には、受光素子101および発光ダイオード102への駆動電圧の供給は、基板10上に形成された、不図示の配線を介して、電源用配線113およびグランド用配線114から行われる。

なお、図1、図2、図5(a), (b), (c)では、基板10上の配線113等の経路をわかりやすくするために模式的な配線経路にしているが、実際の配線経路は効率的な経路にする。

第1の実施の形態の光情報処理システムは、図4のように、受光素子101および発光ダイオード102を、LSI基板100等には搭載せず、光導波路14の下部に配置している(なお、ここで光導波路14の下部とは、光導波路14と基板10との間のみならず、基板10内や基板10のさらに下をも含む)。そして、光導波路14に形成したアルミ膜313からなるマイクロミラーによって、光導波路14を伝搬する光を下向きに偏向して受光素子101で受光すると共に、発光ダイオード102から出射した光をマイクロミラーで偏向して光導波路14に伝搬させる構成である。この構成では、受光素子101および発光ダイオード102と光導波路14とを基板10上に配置する一体構成であるため、光導波路14に対する受光素子101および発光ダイオード102のアライメントが容易になる。また、受光素子および発光ダイオードと光導波路14との距離を近づけることができるため、マイクロミラーで偏向された光の受光効率が高くなり、光漏れを少なくすることができる。さらに、基板10上に搭載される基板100、111、112には、受光素子101および発光ダイオード102が搭載されず、これらへの配線を基板100等の上に形成する必要もないため、LSI103の搭載可能なスペースが大きくでき、より多くの演算回路や記憶回路を搭載できる。

つぎに、基板10上に、光導波路14、アルミ膜313からなるマイクロミラーを形成する製造工程について説明する。

まず、受光素子101、発光ダイオード102ならびに配線113、114、

(9)

115等、アルミパッド122等を配置したシリコン基板10上に、図7のように、厚さ $1.2\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 層からなる下部クラッド12を形成する。この $\text{SiO}_2$ 層からなる下部クラッド12は、TEOS（テトラエトキシシラン）/ $\text{O}_2$ 反応系のプラズマCVDにより形成する。この後、下部クラッド12の表面に、日立化成工業（株）社製のOPIカップラを塗布し、下部クラッド12の表面に、厚さが分子オーダーの極薄いOPIカップラの有機分子膜を形成する。このようにOPIカップラの有機分子膜を形成するのは、この上に形成するポリイミドの光導波路14と下部クラッド12との密着強度を向上させるためである。そして、日立化成工業（株）社製のOPI-N2005を塗布・ベークして所望の厚さのポリイミド層を形成した後、リッジ型導波路形状にドライエッチングによりエッチングし、ポリイミドからなる光導波路14を形成する（図7）。

つぎに、レーザアブレーションによって光導波路14の上部にくさび型の切り込み310を形成し（図8）、全面にアルミ膜313をスパッタにより形成する（図9）。再び、OPI-N2005を塗布・ベークして、くさび形の切り込み310を埋め込むポリイミド層314を形成する。その後、光導波路14の上面が露出するまでエッチバックすることにより、くさび形切り込み310の部分にのみアルミ膜313を残す。これにより、伝搬光を下向きに偏向するための、アルミ膜313からなるマイクロミラーを備えた光導波路14が完成する。

つぎに、下部クラッド12をエッチングして露出させたアルミパッド122の上に、クロム膜123を成膜した後、めっき法により、高さ $30\mu\text{m}$ の銅パンプ124を形成する。そして、別途作成したLSI103を搭載した基板100、111、112を、赤外透過光を用いて基板10とアライメントしながら、銀ペーストによる導電性接着材層142を形成して、基板100、111、112を固定する。固定された基板100、111、112と基板10との空隙に樹脂原料の液をたらし、毛細管現象を利用して樹脂原料の液を注入し、加熱して硬化させることにより樹脂201を形成する。樹脂原料としては、グリシジルメタクリレート100重量部に対してアゾビスイソブチロニトリル1重量部を混合した液を用いることができる。この樹脂原料の場合、硬化のために $100^\circ\text{C}$ で30分加熱することにより樹脂201が形成できる。

(10)

なお、本実施の形態では、マイクロミラーを構成するためにアルミ膜 313 を用いているが、他の金属、例えば Cr, Cu, Au, Ag などの膜を用いることももちろん可能である。また、金属膜以外に、伝搬光を反射誘電体膜を用いることも可能である。

つぎに、第 1 の実施の形態の光情報処理システムの動作について説明する。

4 枚の基板 100 上の LSI 103 は、いずれも光導波路 14 の下部に配置された受光素子 101 および発光ダイオード 102 を用いて、他の基板 100、111、112 の LSI 103 との間で送受信すべき信号を、すべて光信号に変換して、光導波路 14 を介して送受信する。ただし、基板 111 の下部には発光ダイオードは配置されていないため、基板 111 の LSI 103 は、光導波路 14 を介して他の基板 100、112 の LSI 103 から光信号を受光素子 101 を介して受け取ることはできるが、受け取った信号を演算した結果は、電気信号のまま制御部 133 に受け渡す。また、基板 111 の下部には受光素子は配置されていないため、基板 111 の LSI 103 は、制御部 133 から電気信号として受け取った信号を演算したのち、発光ダイオード 102 により光信号に変換して他の基板 100、111 の LSI 103 に出力する。制御部 133 との電気信号は、銅バンプ 124、基板 10 上の信号用配線 116、117 を経由して送受信される。

本実施の形態では、基板 100 の LSI 103 は、選択回路と、演算回路と、信号出力回路とを備える構成にする。選択回路は、受光素子 101 が受け取った信号から自分に向けられて発信された信号のみを選択する。演算回路は、選択回路が選択した信号を用いて予め定められた演算を行う。そして、信号出力回路は、演算回路の演算結果に、基板 111 の LSI 103 を示す宛先信号をつけた信号を作成し、それを発光ダイオード 102 に光信号として出力させる。

また、基板 112 の LSI 103 は、情報分割回路と信号出力回路とを備える構成にする。この情報分割回路は、制御部 133 から受け取った処理すべき情報を、4 つの情報に分割し、それぞれの情報を 4 つの基板 100 の LSI 103 にひとつずつ割り当てる。信号出力回路は、分割した情報に割り当てた相手を示す宛先信号をつけた信号を作成し、それを発光ダイオード 102 に光信号として出

(11)

力させる。

基板111のLSI103は、選択回路と、出力回路とを備える。選択回路は、受光素子101が受け取った信号から自分に向けられて発信された信号のみを選択する。出力回路は、受け取った信号を合成し、制御部133に出力する。

これらの動作について具体的に説明する。基板112のLSI103は、図6のように、処理すべき情報を制御部133から電気信号として受け取る。基板112のLSI103の情報分割回路は、受け取った情報を4つの情報に分割し、分割した情報をひとつずつ割り当てる先の基板100を定める。基板112のLSI103の信号出力回路は、4つの情報にそれぞれ割り当て先の基板100を特定する宛先信号をつけた信号を作成し、それを基板112の下部にある発光ダイオード102に光信号として出力させる。基板112の下発光ダイオード102から発せられた光は、基板112の下にあるアルミ膜313からなるマイクロミラーで偏向されることにより、光導波路14の伝搬光となって、光導波路14を伝搬する。

4つの情報の光信号は、それぞれ光導波路を伝搬し、基板112に最も近い基板100の下部に到達すると、アルミ膜313からなるマイクロミラーによって伝搬光の一部が図4のように下向きに偏向され、その下にある受光素子101によって受光され、電気信号に変換され、基板100のLSI103に受け渡される。基板100のLSI103の選択回路は、受け取った電気信号のうち、自分宛の情報の信号のみを選択し、演算回路がその情報を演算する。そして、信号出力回路は、演算結果に、基板111のLSI103を示す宛先信号をつけた信号を作成し、それを基板100の下にある発光ダイオード102に光信号として出力させる。基板100の下発光ダイオード102から発せられた光は、発光ダイオード102の上にあるアルミ膜313からなるマイクロミラーで偏向されることにより、光導波路14の伝搬光となって、光導波路14を伝搬する。

同様に、他の基板100の下部においても、光導波路14を伝搬している光の一部がマイクロミラーによって偏向されることにより、基板100の下発光素子101によって受光され、基板100のLSI103に受け渡される。基板100のLSI103は、そのうちの自分宛の情報の信号のみを選択して演算し、

(12)

演算結果に基板111のLSI103を示す宛先信号をつけた信号を作成し、それを基板100の下にある発光ダイオード102に光信号として出力させる。この光信号は、光導波路14の伝搬光となって、光導波路14を伝搬する

基板111の下部においても、光導波路14を伝搬している光の一部がアルミ膜313からなるマイクロミラーによって偏向されることにより、基板111の下にある受光素子101によって受光され、基板111のLSI103に受け渡される。基板111のLSI103の選択回路は、そのうちの自分宛の情報の信号のみを選択することにより、4つの基板100のLSI103がそれぞれ演算した結果を受け取る。そして、この結果を合成することにより所望の演算結果を得て、出力回路が電気信号として制御部133に受け渡す。

このように、本実施の形態の光情報処理システムでは、環状の光導波路14を用いているため、情報が光導波路14を環状に循環している。したがって、ある基板から出力された情報を、常に、すべての基板で受信可能な状態にある。よって、LSI基板100、111、112を1対1に光導波路で接続する必要がなく、1本の光導波路14ですべてのLSI基板100、111、112間での情報の送受信が可能になるという利点がある。また、複雑な光導波路網を形成する必要もない。さらに、本実施の形態では、6枚の基板100、111、112を搭載しているが、情報処理内容が変更になり、基板を追加する必要がある場合にも、光導波路14上のどこかに、追加すべき基板を搭載するだけで、他のすべての基板との間で情報の送受信が可能になる。よって、光導波路14の経路を作り直す必要がなく、容易に情報処理内容の変更を行うことができる。なお、この場合には、追加する基板の位置に、受光素子101、発光ダイオード102、マイクロミラーおよびアルミパッド122等が必要があるため、予め基板10上に光導波路14を製造する段階で、基板を追加可能な位置のすべてに受光素子101、発光ダイオード102、マイクロミラー、アルミパッド122等を設けておくことが望ましい。この場合、基板が配置されていない位置のマイクロミラーにおいても、伝搬光の一部が偏向され、光の損失となるが、発光ダイオード102の出力光強度を十分大きく設定しておけば問題は生じない。

なお、ここでは光情報処理装置の動作として、LSI基板112が、電気信号

(13)

で処理すべき情報を受け取って、LSI基板100が分割処理し、LSI基板111で処理結果を合成して出力するという構成を示したが、本発明は、この構成に限定されるものではなく、LSI基板100間で演算結果をやりとりする構成にすることももちろん可能である。また、電気信号で処理すべき情報を外部から受け取るのではなく、光導波路14に接続された光導波路から光信号として受け取る構成や、処理結果を光信号として外部に出力する構成にすることも可能である。このように、入出力される情報をすべて光信号にする場合には、LSI基板111、112のように電気信号で情報を入出力させる基板に代えて、すべてのLSI基板を基板100のように、発光ダイオード102および受光素子101を備えた構成にする。

また、本実施の形態では、伝搬光を下向きに偏向させる手段として、アルミ膜313からなるマイクロミラーを用いているが、本発明は、このマイクロミラーに限定されるものではなく、伝搬光やエバネッセント波の少なくとも一部を、反射もしくは散乱させることにより、受光素子101に向けて偏向できる手段であればよい。例えば、図13のように、上部クラッド17を伝搬するエバネッセント波を反射して偏向させるために、上部クラッド層17にくさび型の切り込み322を設けた構成を偏向手段とすることができる。くさび型の切り込み322内は空気であってもよいし、金属や誘電体を充填してもよい。また、図14のように、伝搬光を偏向するグレーティング320を光導波路14上に搭載した構成を偏向手段として用いることができる。なお、グレーティング320は、光導波路320上に設ける以外に、下部または上部クラッド12、17中に設け、エバネッセント波を偏向させる構成にすることができる。また、図15のように、下部クラッド12又は上部クラッド中に屈折率の異なるビーズ等を混入させるか、下部クラッド12又は上部クラッド自体に空隙等の欠陥を形成することにより形成した散乱中心321を偏向手段として用いることができる。散乱中心321は、エバネッセント波の一部を散乱するため、エバネッセント波の一部を受光素子101で受光できる。また、同様に、発光ダイオード102から出射された光が散乱中心321で散乱されることにより、一部が伝搬方向に偏向され、伝搬される。また、散乱以外に例えば光導波路14の屈折率を変化させておく等の手段によ

(14)

り、光の伝搬効率が受光素子101の上部で低下するように光導波路14を設計しておくことにより、光導波路14から漏れ出た光を受光素子101で受光することもできる。

また、特に偏向手段を備えなくとも、図16のように、受光素子101および発光ダイオード102を光導波路14側に突出させ、受発光面を光導波路14のエバネッセント領域の内側に配置することにより、受光面に入射するエバネッセント波を受光できるとともに、発光面から出射された光の一部を伝搬させることもできる。

また、図3では、基板10とLSI基板100、111、112との空隙をすべて樹脂201で充填しているが、図19のように基板100等の周囲のみを充填し、内部の空隙を外気から隔絶する構成にすることもできる。図19の構成の樹脂201は、例えば、室温硬化型の2液型エポキシ系接着剤を基板間の周辺の隙間の部分（図9の樹脂201の部分）にたらし、一昼夜室温で降下させる方法で形成できる。

また、基板10とLSI基板100等との空隙は、必ずしも樹脂で封止しなければならないわけではなく、銅バンプ124で接続しただけの空隙のままにしてもよい。

また、図3の構成の樹脂201は、上述の製造方法以外の方法で形成することもできる。例えば、図19の樹脂201のように、まず基板100等の周囲を、後に封入口とする一カ所を除いて、エポキシ系接着剤等で封止したのち、封入口から内側の空隙を軽く真空引きし、この空隙に、グリシジルメタクリレート100重量部に対してアゾビスイソブチロニトリル1重量部を混合した液を真空を利用して封入口から充填する。その後、100℃で30分硬化させる。この方法によっても、図3の構成の樹脂201を形成することができる。

図3、図19いずれの構成においても、基板10と基板100等との接着強度を向上させることができるとともに、基板10と基板100等との間隔を一定に保持する力を向上させることができる。よって、基板10上の構造の信頼性を向上させることができる。

また、図3の構成では、樹脂201として、光導波路14のクラッド層となり



(15)

うる屈折率（光導波路14より低い屈折率）の樹脂を用いることにより、樹脂201を光導波路14の上部クラッド層を兼用させることができる。

また、上述の本実施の形態の光導波路は、空気を上部クラッドとする構成であったが、図20のように上部クラッド17を備える構成にすることもできる。上部クラッド17としては、スパッタリング法等で形成したSiO<sub>2</sub>膜や、日立化成工業（株）社製のOPIN1005を塗布およびベークして形成したポリイミド層等の有機樹脂層を用いることができる。

なお、上述の第1の実施の形態の光情報処理装置は、基板10上に配線113等を配置しているため、配線113を形成する工程が、受光素子101、発光ダイオード102を基板10に配置する構成と同時に行うことができるという利点がある。

つぎに、本発明の第2の実施の形態について説明する。第2の実施の形態では、受光素子101や発光素子102を光導波路14の下部に配置するのではなく、図21～図24のように光導波路14の上部の基板100、111、112にLSI103とともにこれらを搭載する。そして、基板100、111、112と基板10との間を樹脂201等で充填する

第2の実施の形態の光情報処理システムの構成について説明する。なお、実施の形態の光情報システムと同様の構成の部分については、説明を省略する。

基板10上には、第1の実施の形態と同様に環状の光導波路14が配置され、光導波路14に沿うように、基板10上に6枚の基板100、111、112が搭載されている（図21）。

4枚のLSI基板100には、図22のように、発光ダイオード102と受光素子101とLSI103とが搭載されている。また、LSI基板111には、発光ダイオードは搭載されておらず、受光素子101とLSI103とが搭載されている。LSI基板112には、受光素子は搭載されておらず、発光ダイオード102とLSI103とが搭載されている。発光ダイオード102および受光素子101は、それぞれ、図23、図24のように受発光面が光導波路14の真上に位置し、しかも、受発光面が光導波路14を向くように基板100、111、112に搭載されている。

(16)

L S I 基板 1 0 0 には、銅バンプ 1 2 4 を介して基板 1 0 側から供給される電源電圧およびグランド電圧を発光ダイオード 1 0 2、受光素子 1 0 1、L S I 1 0 3 に供給するとともに、クロック信号を L S I 1 0 3 に入力するための配線 1 3 4 が配置されている（図 2 5（a））。また、受光素子 1 0 1 の出力を L S I 1 0 3 に入力するための配線 1 3 4 および L S I の出力を発光ダイオード 1 0 2 に入力するための配線 1 3 4 が配置されている。

L S I 基板 1 1 2 にも同様に、発光ダイオード 1 0 2 および L S I 1 0 3 に電源電圧およびグランド電圧を供給するとともに、クロック信号を L S I 1 0 3 に入力するための配線 1 3 5 が形成されている（図 2 5（b））。また、基板 1 1 2 には、受光素子が搭載されていないため、外部の制御部 1 3 3 からの入力信号を L S I 1 0 3 に入力するための配線 1 3 5 も配置されている。L S I 基板 1 1 1 にも、受光素子 1 0 1 および L S I 1 0 3 に電源電圧およびグランド電圧を供給するとともに、クロック信号を L S I 1 0 3 に入力するための配線 1 3 6 が形成されている（図 2 5（c））。また、基板 1 1 1 には、発光素子が搭載されていないため、L S I 1 0 3 の出力信号を外部の制御部 1 3 3 へ出力するための配線 1 3 6 も配置されている。

基板 1 0 上の電源用配線 1 1 3、グランド用配線 1 1 4、クロック信号用配線 1 1 5 は、基板 1 0 0、1 1 1、1 1 2 の下の四隅のアルミパッド 1 2 2 のいずれかにそれぞれ接続されている。また、入力信号配線 1 1 6 は、基板 1 1 2 のアルミパッド 1 2 2 に接続され、出力信号配線 1 1 7 は、基板 1 1 1 のアルミパッド 1 2 2 に接続されている。よって、電源、グランド、クロック信号、入出力信号は、それぞれ、銅バンプ 1 2 4、アルミパッド 1 2 1 を介して、基板 1 0 0、1 1 1、1 1 2 に供給される。また、図 2 1、図 2 3 では、図示を省略しているが、配線 1 1 3 等の上には保護膜が形成されている。

また、光導波路 1 4 には、6 枚の基板 1 0 0、1 1 1、1 1 2 と対向する位置に、アルミ膜 1 3 からなるマイクロミラーが備えられている（図 2 4）。このマイクロミラーは、光導波路 1 4 の光の伝搬方向にそって 2 つの傾斜面 1 3 a、1 3 b を有し、一方の傾斜面 1 3 a によって、伝搬光の一部を基板 1 0 の上方に偏向する。また、他方の傾斜面 1 3 b によって、発光ダイオード 1 0 2 から出射さ

(17)

れた光を、光導波路14の伝搬方向に偏向し、光導波路14に伝搬させる。

なお、本実施の形態では、基板10と基板100、111、112との間の空隙を、樹脂201で充填しているため、発光ダイオード102から出射された光は、樹脂201を透過して、光導波路14に達する(図23、図24)。また、光導波路14を伝搬してきてアルミ膜13からなるマイクロミラーによって偏向された光も、樹脂201を透過して受光素子101に達する。したがって、樹脂201としては、発光ダイオード102から出射される光および光導波路を伝搬してきた光を透過するものを用いる必要がある。

また、図23では、基板10とLSI基板100、111、112との空隙をすべて樹脂201で充填しているが、図44のように受光素子101および発光ダイオード102の受発光面と、光導波路14との間の空隙のみを充填する構成や、図45のように基板100等の周囲のみを充填し、内部の空隙を外気から隔絶する構成や、図46のように受光素子101および発光ダイオード102の受発光面と、光導波路14との間の空隙のみを残して、基板10とLSI基板100、111、112との空隙をすべて樹脂201で充填する構成にすることができる。

図22、図44、図45、図46のいずれにおいても、受光素子101および発光素子102の受発光面ならびに、光導波路の上面を外気から隔絶することができるため、受発光面および光導波路の湿気等による劣化を防止することができる。また、基板10と基板100等との接着強度を向上させることができるとともに、基板10と基板100等との間隔を一定に保持する力を向上させることができる。よって、基板10上の構造の信頼性を向上させることができる。

また、図44の構成では、樹脂201として、光導波路14のクラッド層となりうる屈折率(光導波路14より低い屈折率)の樹脂を用いることにより、樹脂201に光導波路14の上部クラッド層を兼用させることができる。さらに図44の構成の場合には、樹脂201が受発光面と光導波路14との間を行き来する光のガイドとなる。よって、光導波路14の伝搬光のうち上方に偏向された光を、樹脂201に閉じこめて受光素子101の受光面に受け渡すことができる。また、発光ダイオード102から出射された光を樹脂201に閉じこめて光導波路

(18)

14に受け渡すことができ、光の受け渡しの効率を高めることができる。

また、図23、図45、図46の構成では、基板10と基板100等の対向する部分にある配線113、134等、ならびに、銅バンプ124等を外気から隔絶することができるため、基板10上の構成の電氣的な信頼性を向上させることができる。

また、図45、図46の構成では、受発光面と光導波路との空隙に樹脂201が充填されないため、樹脂の屈折率や光の透過率が問題にならない。よって、図45、図46の構成は、樹脂の選択の幅が広いという利点がある。

第2の実施の形態の光情報処理システムの動作を簡単に説明する。受光素子101および発光素子102が基板100、111、112に搭載されているため、光信号は、図26のように、光導波路14と基板100、111、112との間で受け渡される。また、電源回路130からの電源電圧は、基板10上の接続パッド113aおよび電源用配線113およびアルミパッド122を通った後、銅バンプ124を通して6枚のLSI基板100、111、112に達し、これらの基板100、111、112上の配線134、135、136によって、発光ダイオード102、受光素子101およびLSI103へ供給される。同様に、グランド電圧も、基板10上の接続パッド114a、グランド用配線114、アルミパッド122、銅バンプ124、アルミパッド121および配線134、135、136を経由して発光ダイオード102、受光素子101およびLSI103へ供給される。クロック回路132から出力されたクロック信号も、同様に、基板上のクロック信号用配線115、銅バンプ124等を経由して、LSI103に供給される。これら電源電圧およびグランド電圧の供給によって、発光ダイオード102および受光素子101は、受発光が可能になる。また、LSI103も動作が可能になる。

4枚の基板100上のLSI103は、いずれも受光素子101および発光ダイオード102と接続されているため、他の基板100、111、112のLSI103との間で送受信すべき信号を、すべて光信号に変換し、光導波路14を介して送受信する。ただし、基板111には発光ダイオードは搭載されていないため、基板111のLSI103は、光導波路14を介して他の基板100、1

(19)

12のLSI103から光信号を受光素子101を介して受け取ることはできるが、受け取った信号を演算した結果は、電気信号のまま制御部133に受け渡す。また、基板111には受光素子は搭載されていないため、基板111のLSI103は、制御部133から電気信号として受け取った信号を演算したのち、発光ダイオード102により光信号に変換して他の基板100、111のLSIに出力する。制御部133との電気信号は、銅バンプ124、基板10上の信号用配線116、117を経由してやりとりされる。

したがって、基板100、111、112のLSI103を第1の実施の形態と同様の構成にすることにより、第1の実施の形態の情報処理装置と同様に動作する。異なるのは、光導波路14の光信号は、アルミ膜13で上方に偏向されて、基板100、111、112上の受光素子101に入射するとともに、基板100、111、112上の発光素子102から出射した光は、アルミ膜13で下方に偏向されて光導波路14を伝搬するという点である。

ここで、第2の実施の形態の情報処理装置の製造方法について説明する。

まず、図27のように、シリコン基板10上に厚さ約 $1\mu\text{m}$ のレジスト膜11を形成する。具体的には、粘度 $20\text{cp}$ の感光性樹脂溶液（（株）東京応化社製OFPR-800）を $1500\text{rpm}$ で2秒、さらに、 $3000\text{rpm}$ で30秒の条件でスピナーを用いて塗布した後、キュアすることによりレジスト膜11を形成する。その後、露光および現像し、図28のような形状にパターニングする。現像液としては、テトラメチルアンモニウムハイドロオキシサイド2.38%を含む現像液（（株）東京応化社製NMD-3）を用いた。

つぎに、レジスト膜11をマスクとし、シリコン基板10を等方性エッチングするエッチング液を用いてエッチングを行い、シリコン基板10に、高さ約 $0.5\mu\text{m}$ の凸部15を形成する（図29）。エッチング液としては、本実施の形態では、 $\text{HNO}_3$ と $\text{HF}$ とを $\text{HNO}_3/\text{HF}=95/5$ の割合で混合したものを用いる。このように等方性エッチングを行うと、エッチングがシリコン基板10の厚さ方向の他に横方向にも進行するため、レジスト膜11の下部にもエッチング液が回り込んでアンダーカットが生じる。これにより、形成される凸部15の側面を、ミラー面に適した角度の傾斜面にすることができる。

(20)

この後、レジスト膜11を取り除き、シリコン基板10の表面全体を1100℃で6時間かけて熱酸化して、厚さ1.2μm程度の酸化膜を形成する(図30)。これにより、前記凸部15の形状にならうように酸化膜を形成することができる。この酸化膜が下部クラッド12となる。さらに、下部クラッド12の上に、厚さ0.2μmのアルミ膜13をスパッタ成膜で形成する(図31)。このアルミ膜13が凸部15の傾斜面を覆うように残し、残りの部分をフォトリソグラフィにより取り除く。これにより、アルミ膜13からマイクロミラーを構成することができる(図32)。

つぎに、下部クラッド12上にレジスト膜を形成した後、リフトオフ法により配線113、114、115、116、117、アルミパッド122、接続パッド113a、114a、115a、116a、117aを、厚さ0.8μmのアルミ膜によって形成する。さらに、基板10の表面全体に、日立化成工業(株)社製のPIX-1400を塗布およびベークすることにより、表面全体にポリイミドからなる保護膜140を形成する。その後、ドライエッチングによって、光導波路14を形成すべき領域、アルミパッド122、ならびに、接続パッド113a等の領域から保護膜140を取り除く。

つぎに、光導波路14を形成すべき領域の下部クラッド12の表面に、厚さが分子オーダーの極薄い有機ジルコニウム化合物の被膜を形成する。このように有機ジルコニウム化合物の被膜を形成するのは、この上に形成するポリイミドの光導波路14と下部クラッド12との密着強度を向上させるためである。そして、日立化成工業(株)社製のOPIN-3505を塗布・ベークして所望の厚さのポリイミド層を形成した後、図33、図34のように、リッジ型導波路形状にドライエッチングによりエッチングし、ポリイミドからなる光導波路14を形成する。

つぎに、アルミパッド122の上に、クロム膜123を成膜した後、めっき法により、高さ30μmの銅パンプ124を形成する。そして、別途作成した基板100、111、112を、赤外透過光を用いて基板10とアライメントしながら、銀ペーストによる導電性接着材層142を形成して、基板100、111、112を固定する。固定された基板100、111、112と基板10との空隙

(21)

に樹脂原料の液をたらし、毛細管現象を利用して樹脂原料の液を注入し、加熱して硬化させることにより樹脂 201 を形成した。樹脂原料としては、グリシジルメタクリレート 100 重量部に対してアゾビスイソブチロニトリル 1 重量部を混合した液を用いることができる。この樹脂原料の場合、硬化のために 100℃で 30 分加熱することにより樹脂 201 が形成できる。また、図 45、図 46 の構成の場合には、銅バンプ 124 を基板 10 上に形成した後、例えば、室温硬化型の 2 液型エポキシ系接着剤を基板間の周辺の隙間の部分（図 45、図 46 の樹脂 201 の部分）にたらし、一昼夜室温で降下させる方法で形成できる。また、図 26 の構成の場合には、基板 10 上に樹脂 201 の位置に樹脂原料を盛り上げておき、この上に基板 100、111、112 をアライメントしながら、導電性接着材層 142 で接着する。その後キュアすることにより、樹脂 201 を形成する。

また、図 23 の構成の樹脂 201 は、上述の製造方法以外の方法で形成することもできる。例えば、図 45 の樹脂 201 のように、まず基板 100 等の周囲を、後に封入口とする一カ所を除いて、エポキシ系接着剤等で封止したのち、内側の空隙を封入口から軽く真空引きし、この空隙に、グリシジルメタクリレート 100 重量部に対してアゾビスイソブチロニトリル 1 重量部を混合した液を真空を利用して封入口から充填する。その後、100℃で 30 分硬化させる。この方法によっても、図 23 の構成の樹脂 201 を形成することができる。

上述してきた製造方法では、配線 113 等を製造するための成膜およびリソグラフィの工程を、他のアルミ膜 13 等を成膜およびリソグラフィする工程と連続して行うことができるという利点がある。

また、上述の製造方法では、等方性エッチングによるアンダーエッチングを利用することにより、マイクロミラーに適した斜面を持つ凸部を容易に形成し、これに金属膜を被せる方法であるため、マイクロミラーを備えた光導波路 14 を容易に製造することができる。また、等方性エッチングのエッチング条件を変化させることにより、形成される凸部の形状を制御することができるため、光導波路を伝搬する光のモード等に応じて、凸部の傾斜面の角度を制御し、所望の方向に光を偏向するマイクロミラーを製造することができる。

また、上述の製造方法では、マイクロミラーを構成するアルミ膜 13 と、配線

(22)

1 1 3等を構成するアルミ膜とを別々の工程で形成しているが、2つのアルミ膜を一つの工程でいっしょに形成することも可能である。具体的には、図31の工程でアルミ膜1 3を形成した後、図32の工程でアルミ膜1 3をリソグラフィする際に、マイクロミラーの形状と、配線1 1 3等の形状に一度にパターンニングする。これにより、製造工程を簡略化することができる。また、その際に、図35、図36に示すようにパターンニングすることにより、マイクロミラーを配線1 1 3とを一体にすることができる。この場合には、マイクロミラーを光導波路1 4を横切る配線部分1 4 0（図21、図22）として利用することができるため、配線1 1 3等が光導波路1 4を横切る部分1 4 0を減らすことができ、光導波路1 4の伝搬損失を減少させることができる。

なお、本実施の形態では、マイクロミラーおよび配線を構成するためにアルミ膜を用いているが、他の金属、例えばCr, Cu, Au, Agなどの膜を用いることももちろん可能である。また、金属膜以外に、伝搬光を反射す誘電体膜を用いることも可能である。

また、上述の実施の形態では、下部クラッド1 2を熱酸化による酸化膜で形成しているが、熱酸化の代わりに図30の工程で、基板1 0上にスパッタリング等によりSiO<sub>2</sub>膜等を形成し、これを下部クラッド1 2にすることも可能である。この場合、厚さの厚い下部クラッド1 2を容易に形成することができる。

また、上述の実施の形態では、基板1 0の表面に凸部1 5を形成し、これにならうように下部クラッド1 2を形成することにより、下部クラッド1 2の表面に凸部1 5を形成しているが、この方法に限らず、平坦な基板1 0の上に下部クラッド1 2を形成した後、下部クラッド1 2の表面を等方性エッチングすることにより、下部クラッド1 2の表面に直接凸部を形成することも可能である。

マイクロミラーの別の製造方法として、金属膜を等方性エッチングすることも可能である。これを以下説明する。

まず、シリコン基板1 0の上に、SiO<sub>2</sub>膜を成膜して下部クラッド2 1を形成した後、さらにアルミ膜2 2を成膜する（図37）。この上に、レジスト膜2 3を形成してパターンニングする（図38）。このレジスト膜2 3をマスクとして、アルミ膜2 2を等方性エッチングするエッチング液を用いてエッチングを行う



(23)

と、レジスト膜 23 の下部もエッチングされてアンダーエッチングが生じ、傾斜面を有する凸形状のアルミ膜 22 のマイクロミラーを形成することができる（図 39）。この後、上述の実施の形態と同様の方法で、配線 113 等を形成し、保護膜 140 を形成した後、下部クラッド 21 の表面に有機ジルコニウム化合物の被膜を形成し、ポリイミドの光導波路 14 を形成する（図 40）。

この方法では、アルミ膜 22 を直接等方性エッチングするため、下部クラッド 21 を平坦にすることができ、光導波路 14 の伝搬効率を高めることができる。

また、この方法では、下部クラッド 21 が平坦であるため、下部クラッド 21 をポリイミド等の有機樹脂により形成することも可能である。

つぎに、マイクロミラーの別の製造方法として、異方性エッチングを利用する方法について説明する。

この製造方法は、第 1 の実施の形態とほぼ同じであるが、シリコン基板 10 として、基板面が（100）面のものを用いる。このような基板 10 を用い、図 41 のようにレジスト膜 11 を形成し、エッチング液として水酸化カリウム水溶液等を用いると、シリコン結晶の（111）面のエッチング速度が、（100）面のエッチング速度よりも極めて遅いという特性を利用して、側面が（111）面の斜面となる凸部 25 を形成することができる（図 42）。これ以降の工程は、図 30～図 33 と同様にする。

この方法では、傾斜面である（111）面の角度が基板面の（100）面に対して、 $54.7^\circ$  と正確に決定されるため、マイクロミラーの傾斜面のばらつきをなくすることができる。よって、この傾斜面の角度に合わせて、光導波路 14 のモードを設計しておくことにより、精度よく所望の方向に光を偏向することができる。

また、上述の本実施の形態の光導波路は、空気を上部クラッドとする構成であったが、図 43 のように上部クラッド 17 を備える構成にすることもできる。上部クラッド 17 としては、スパッタリング法等で形成した  $\text{SiO}_2$  膜や、日立化成工業（株）社製の OPI-N1005 を塗布およびベークして形成したポリイミド層等の有機樹脂層を用いることができる。

さらに、上述の各実施の形態では、光導波路 14 の下部に、凸形状のマイクロ

(24)

ミラーを構成するため、マイクロミラーの部分で光導波路14も凸形状となる。そこで、光導波路14の上面を研磨することにより、図43のように上面が平坦な光導波路14を形成することも可能である。この場合、光導波路14の伝搬損失を低減することができるという効果が得られる。

また、上述の実施の形態では、等方性エッチングとして、ウェットエッチングを用いているが、本発明はウェットエッチングに限られるものではなく、アンダーカットが生じる等方性エッチングが行える条件であれば、ドライエッチングを用いることも可能である。

上述してきた第1の実施の形態では、光導波路14の下基板10に受光素子101および発光素子102を配置し、第2の実施の形態では、光導波路14の上方に搭載される基板100、111、112に受光素子101および発光素子102を配置する構成であったが、本発明は、これらの構成に限定されない。例えば、図47のように、受光素子101のみを光導波路14の下部の基板10上に配置し、発光素子102を光導波路14の上方に配置する構成にすることができる。また、図48のように、発光素子を光導波路14の下部の基板10上に配置し、受光素子101を光導波路の上方に配置する構成にすることもできる。図47、図48の場合、光導波路14には、アルミ膜313からなるマイクロミラーと、アルミ膜13からなるマイクロミラーを双方とも配置するようにする。また、光導波路14の上方に配置される受光素子101の受光した電気信号の受け取りおよび発光素子102への電源電圧の受け渡しは、図47、図48に示すように、受光素子101および発光素子102を基板10上に固定する銅バンプ124を介して行う。もしくは、受光素子101および発光素子102を第2の実施の形態のように基板100上に搭載し、基板100を固定する銅バンプ124を介して電源電圧または電気信号の受け渡しを行うようにする。

上述の第1および第2の実施の形態では、LSI基板100、111、112への電源電圧等の供給を、基板10上に設けた配線113等、ならびに、LSI基板100等を支持するための銅バンプを介して行っている。このような構成にすることにより、基板100、111、112等への給電を、フリップ・チップのように下面側から行うことができる。これにより、基板100、111、11

(25)

2の上面側に配線や端子を設ける必要がない。また、基板100、111、112の基板10上への取り付けと、電気的な接続を銅バンプによって同時に行うことができるため、製造工程が簡単になる。

また、第1および第2の実施の形態では、基板10と、搭載される基板100、111、112とを銅バンプ124によって接続しているが、導電性であって、基板100、111、112を支持できるものであれば、銅バンプ124以外のものを用いることももちろん可能である。例えば、はんだ等の他の金属のバンプや、異方導電性接着剤を用いることも可能である。はんだバンプを用いる場合には、接着剤層142を用いることなく、はんだバンプを溶融することにより、基板100、111、112を接着することができる。はんだバンプは、めっき法ではなく、予め球形に成形されたバンプを用いることができる。異方導電性接着剤は、接着剤樹脂成分（例えばエポキシ樹脂、アクリルゴム及び潜在性硬化剤）に導電粒子を混入・分散したもので、加圧された箇所は導電粒子の接触により導電性となり、加圧されない箇所は絶縁性である。よって、この性質を利用して、基板100、111、112を搭載する際に加圧することにより、接着と導通を同時に行うことができる。異方導電性接着剤の導電粒子は、例えばAu、Ag、Cuやはんだ等の金属の粒子や、ポリスチレン等の高分子の球状の核材にNi、Cu、Au、はんだ等の導電層を設けたものが使用できる。接着剤樹脂成分100容量部に対する導電粒子の割合としては、0.3～30容量部が望ましい。また、異方導電性接着剤は、予めフィルム状に成形したものを使用することもできる。

さらに、異方導電性接着剤が、加圧された箇所は導電粒子の接触により導電性となり、加圧されない箇所は絶縁性である性質を利用して、図3、図23の構成において、樹脂201として異方導電性接着剤を用い、銅バンプ124の代わりに異方導電性接着剤でアルミパッド121、122間の導通を取る構成にすることが可能である。この場合、銅バンプ124を形成せず、樹脂201の部分と、銅バンプ124の部分とに異方導電性接着剤が充填されるように、基板10と基板100、111、112とを異方導電性接着剤で接着する。そして、アルミパッド121とアルミパッド122との間の異方導電性接着剤を加圧し、この部分

(26)

のみ導電性にする。これにより、アルミパッド121、122間のみが導通し、それ以外の部分は絶縁性が保たれるため、銅バンプ124を備えない構成で、樹脂による封止を実現しながら、配線間の導通を取ることが可能になる。

また、第1および第2の実施の形態では、光導波路14をリング状にすることにより、光信号を循環させているが、光が循環する構造であればリング状以外の光導波路の形状であってもかまわない。例えば、図17に示すように、1本の直線状の光導波路150の両端にミラー151を配置し、伝搬光をミラー151で折り返させ、光導波路150を往復させるることにより循環させる構成にすることができる。また、図18のように、直線状の光導波路152を平行に配置し、それぞれの端面にミラー153を配置することもできる。この図18の構成では、光導波路152の伝搬した光が、端面から出射されて、ミラー153により折り返され、次の光導波路152の端面から入射することを繰り返すことにより、光を循環させる構成である。図17、図18の構成は、光導波路150、152が直線状であるため、光導波路150、151の製造が簡単である。また、図18の構成は、小さな面積の基板10上に、合計の長さが長い光導波路を配置することができるため、多数のLSI基板を効率よく配置する必要がある場合に適している。

上述の第1および第2の実施の形態の基板10と基板100等との間の充填に用いる樹脂201としては、以下のものを用いることができる。

用いることのできる樹脂201の種類としては、ポリアルキレン系樹脂、ポリスチレン系樹脂、ビニル系樹脂、ビニリデン系樹脂、アクリル系樹脂、熱可塑性ポリウレタン、アセタール樹脂、ポリカーボネート、フッ素樹脂、ケイ素樹脂、ポリアミド系樹脂、ポリイミド系樹脂、PPO樹脂（ポリフェニレンオキサイド）、ノリル樹脂、ポリスルホン、ポリジフェニルエーテル、ポリエーテル、ポリユリア樹脂、ポリエチレンオキサイド、ポリビスジエン樹脂、ポリパラフェニルエーテル、ポリチアゾール、ポリオキシチアゾール、ポリトリアゾール、TPX樹脂（4-メチルペンテン-1樹脂）、フェノキシ樹脂、合成ゴム、アイオノマー、糖鎖、ポリペプチド、等及びこれらの誘導体あるいは共重合体があげられる。熱硬化性樹脂として、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、キシレ

(27)

ン樹脂，フラン樹脂，ジアリルフタレート樹脂，ポリエステル，アルキド樹脂，エポキシ樹脂，アニリン樹脂，ポリウレタン，ポリイミド，アルキルベンゼン樹脂，グアナミン樹脂等があげられる。ポリエステル，アルキド樹脂として，不飽和ポリエステル，グリプラル系樹脂，イソフタル酸系樹脂，テレフタル酸系樹脂，脂肪族ポリエステル，ポリカーボネート等があげられる。ポリアルキレン系樹脂とは，ポリプロピレン，ポリエチレン，エチレン酢酸ビニル共重合樹脂，エチレンアクリル酸エチル共重合樹脂等があげられる。ポリスチレン系樹脂とは，ポリスチレン及びその共重合樹脂であり，ポリスチレン，ABS樹脂（アクリロニトリル－ブタジエンスチレン共重合樹脂），ASA樹脂（アクリロニトリル－スチレン－アクリル酸エステル共重合樹脂），鎖状ポリエステル，AS樹脂（アクリロニトリル－スチレン共重合樹脂），ACS樹脂（アクリロニトリル－ビニルクロライド－スチレン共重合樹脂）等があげられる。合成ゴムとしては，ブタジエン系合成ゴム，オレフィン系合成ゴム，多硫化系合成ゴム等があげられる。ビニル系樹脂としては，酢酸ビニル樹脂，塩化ビニル樹脂，塩化酢酸ビニル樹脂，ポリビニルアルコール，ポリビニルホルマール，ポリビニルアセトアセタール，ポリビニルブチラール，ポリビニルエーテル，ポリビニルシンナメート，ポリビニルアセタール，等の他，ビニル系樹脂，ビニリデン系樹脂，アクリルニトリル樹脂，エチレン系樹脂，アクリル系樹脂，スチレン系樹脂，等との共重合樹脂があり，例として，塩化ビニル酢酸ビニル共重合樹脂，塩化ビニル塩化ビニリデン共重合樹脂，塩化ビニルアクリルニトリル共重合樹脂，エチレン塩化ビニル共重合樹脂，塩化ビニルアクリル酸エステル共重合樹脂，塩化ビニルメタクリル酸エステル共重合樹脂，プロピレン塩化ビニル共重合樹脂等があげられる。ビニリデン系樹脂には，塩化ビニリデン樹脂，フッ化ビニリデン樹脂等があげられる。アクリル系樹脂とは，メタクリル酸エステルまたはアクリル酸エステルの重合体であり，メタクリル酸エステル，アクリル酸エステルには，メタクリル酸メチルのようなメチルエステルの他エチルエステル，*n*－プロピルエステル，イソプロピルエステル，ブチルエステル，等を用いることができる。

なお、上述の実施の形態で用いたグリシジルメタクリレートは、メタクリル酸エステルの一種である。

(28)

ポリアミド系樹脂としては、各種ナイロン、ポリアミド酸、ポリアミドイミド、アミドエポキシ樹脂、等があげられる。各種ナイロンには、ナイロン6、ナイロン8、ナイロン11、ナイロン66、ナイロン610等があげられる。ポリイミド系樹脂としては、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリベンツイミダゾール、ポリエーテルイミド、ポリエステルイミド、ポリイソイミド、等があげられる。ポリアミド酸は公知の方法により、ポリイミド化したり、ポリイソイミド化して用いることができる、ポリイミド、ポリエステルイミド、ポリイソイミドの例である。

フッ素樹脂としては、ポリ4フッ化エチレン、ポリ3フッ化塩化エチレン、ポリフッ化ビニリデン等があげられる。ケイ素樹脂には、シラン鎖を持つものと、シロキサン鎖を持つものがあり、用いる原料によって、鎖状構造を持つ高分子と網状構造を持つ高分子とがある。シロキサン鎖を持つものとしては、ポリジメチルシロキサン等があげられる。

アイオノマーとは、高分子の側鎖にカルボキシル基等の有機酸基が入り、その間に金属イオン等が介在した結合によって、網状に結合した構造を持つ高分子である。

糖鎖としては、セルロース系樹脂、アルギン酸、等があげられる。

セルロース系樹脂としては、セルロース、セルロースエステル及びセルロースエーテルがあげられる。セルロースエステルとしては、ニトロセルロース、アセチルセルロース、アセチルブチルセルロース、等があげられる。セルロースエーテルとしては、メチルセルロース、エチルセルロース、セルロースエステル、セルロースエーテル等があげられる。

ポリペプチドとは、アミノ酸が縮合してできた高分子物であり、ポリペプチドには、羊毛蛋白、絹蛋白、カゼイン、大豆蛋白、等の天然タンパク質の他に、種々のアミノ酸を原料として縮合して得られた化合物を含む。

なお、樹脂201として感光性樹脂を用いてもよい。感光性樹脂としては、アジト系感光性樹脂、ジアゾ系感光性樹脂、ケイ皮酸系感光性樹脂、光重合系感光性樹脂、感光性ポリイミド等があり2種以上併用してもよい。ケイ皮酸系感光性樹脂としては、ポリケイ皮酸ビニル、ポリビニルシンナミリデン酢酸、フェノキ

(29)

シシンナミリデン酢酸、フェノキシ- $\alpha$ -シアノシンナミリデン酢酸、p-フェニレンジアクリレート系感光性ポリエステル、等があげられる。光重合系感光性樹脂としては、アクリルアジド類、2-エチルヒドロキシメタクリレート、ポリエチレングリコールモノメタクリレート、ポリエチレングリコールジアクリレート、ペンタエリスリトールテトラアクリレート、エチレンオキシ化されたビスフェノールAのジアクリレート等のアクリレート類、ビニルモノマ類、ビニルオリゴマ類、不飽和ポリエステル樹脂、等があげられる。

本実施の形態の樹脂201による基板10と基板100等との空隙の封止は、光硬化可能な構成単位を含む樹脂（その原料・前駆体等を含む）を用いて、光硬化反応を起こさせることにより行うことができる。

光硬化可能な構成単位の例としては、アクリロイル基、メタクリロイル基、アジド基、クロロメチル基、マレイミド基、エポキシ基、ケイ皮酸誘導体、チミン誘導体等があり、これらは、2種類以上を併用しても良い。その他、光硬化可能な構成単位を含む樹脂として各種の感光性樹脂を用いることができる。また、必要に応じて増感剤等を併用することができる。

第1および第2の実施の形態の樹脂201による基板10と基板100等との空隙の封止は、熱硬化可能な構成単位を含む樹脂（その原料・前駆体等を含む）を用いて、熱硬化反応を起こさせることにより行うことができる。

熱硬化可能な構成単位の例としては、アクリロイル基、メタクリロイル基、アジド基、クロロメチル基、マレイミド基、エポキシ基、フェノール樹脂等があり、これらは、2種類以上を併用しても良い。その他、熱硬化可能な構成単位を含む樹脂として熱硬化性樹脂を用いることができる。また、必要に応じて硬化剤、開始剤等を併用することができる。

第1および第2の実施の形態で用いたグリシジルメタクリレートは熱硬化可能な構成単位を含む樹脂の一例である。グリシジルメタクリレートは、メタクリロイル基とエポキシ基とを有する樹脂の原料である。また、第1および第2の実施の形態で用いたアゾビスイソブチロニトリルは開始剤の一例である。

第1および第2の実施の形態の樹脂201による基板10と基板100等との空隙の封止は、反応性官能基を有す樹脂を使用して得ることができる。

反応性官能基としては、アクリロイル基、メタクリロイル基、アジド基、クロロメチル基、マレイミド基、エポキシ基、ケイ皮酸誘導体、チミン誘導体、フェノール性水酸基、チオール基、アルケニル基、二重結合基、ホルミル基、アセタール基、イソシアネート基、シアノ基、アミン基、アミド基、ハロゲン基、イソイミド基、アミド酸、水酸基、カルボキシ基、エステル基、シンナミリデン基、ジアゾ基、ジチオカルバメート基、キノン基、キノンジオキシム基、酸無水物基、シラノール基、アセトキシシラン基、アルコキシシラン基、ケトキシムシラン基、アミノシラン基、アミノキシシラン基、シラザン基、アミドシラン基、チタネート基、等があげられる。

反応性官能基を有す樹脂の構造としては、各反応性官能基を接続基で樹脂に結合したものがあげられる。このような接続基としては、直結、エーテル基、エステル基、アミド基、アルキレン基、アリーレン基、シリレン基、シリルオキシ基、等があげられる。

アリーレン基としては、ベンゼン、ナフタレン、ビフェニル、チオフエン、ベンゾ〔b〕チオフエン、ナフト〔2, 3-b〕チオフエン、チアスレン、フラン、ピラン、ベンゾ〔b〕フラン、イソベンゾフラン、クロメン、クサンテン、フェノクサチン、2H-ピロール、ピロール、イミダゾール、ピラゾール、ピリジン、ピラジン、ピリミジン、ピリダジン、インドリジン、イソインドール、3H-インドール、インドール、1H-インダゾール、プリン、4H-キノリジン、イソキノリン、キノリン、フタラジン、ナフチリジン、キノオキサリン、キナゾリン、シノリン、プテリジン、4aH-カルバゾール、カルバゾール、 $\beta$ -カルボリン、フェナンスリジン、アクリジン、ペリミジン、フェナンスロリン、フェナジン、フェナルサジン、イソチアゾール、フェノチアジン、イソオキサゾール、フラザン、フェノキサジン、イソクロマン、クロマン、ピロリジン、ピロリン、イミダゾリジン、イミダゾリン、ピラゾリジン、ピラゾリン、ピペリジン、ピペラジン、インドリン、イソインドリン、キヌクリジン、モルホリン等が挙げられ、またそれらの置換体やそれらの位置異性体が挙げられる。

アルキレン基を構成するアルカンとしては、メタン、エタン、プロパン、ブタン、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカン、ウンデカン、ド



(31)

デカン等が挙げられ、またそれらの構造異性体あるいは置換体、さらにそれらの結合位置異性体が挙げられる。

第1および第2の実施の形態の樹脂201による基板10と基板100等との空隙の封止は、種々の樹脂に反応性官能基を有す化合物を添加した樹脂を使用することもできる。

反応性官能基を有する化合物は、反応性官能基が接続基で骨格分子に結合した構造の化合物であることができる。反応性官能基は、1個以上、複数個結合していることができる。反応性官能基、接続基は前述したものが使用できる。

骨格分子は、芳香族環、脂肪族環、鎖状炭素、鎖状ケイ素、シロキサン鎖であることができる。骨格分子は、芳香族環、脂肪族環が、同じでも異なっているても良い1個以上複数個がお互いに接続基で結合した構造であることができる。骨格分子は、芳香族環、脂肪族環が、同じでも異なっているても良い1個以上複数個がお互いに環融合結合した構造であることができる。

芳香族環としては、ベンゼン、ナフタレン、ビフェニル、チオフェン、ベンゾ〔b〕チオフェン、ナフト〔2, 3-b〕チオフェン、チアスレン、フラン、ピラン、ベンゾ〔b〕フラン、イソベンゾフラン、クロメン、クサンテン、フェノクサチン、2H-ピロール、ピロール、イミダゾール、ピラゾール、ピリジン、ピラジン、ピリミジン、ピリダジン、インドリジン、イソインドール、3H-インドール、インドール、1H-インダゾール、プリン、4H-キノリジン、イソキノリン、キノリン、フタラジン、ナフチリジン、キノオキサリン、キナゾリン、シノリン、プテリジン、4aH-カルバゾール、カルバゾール、 $\beta$ -カルボリン、フェナンスリジン、アクリジン、ペリミジン、フェナンスロリン、フェナジン、フェナルサジン、イソチアゾール、フェノチアジン、イソオキサゾール、フラザン、フェノキサジン、イソクロマン、クロマン、ピロリジン、ピロリン、イミダゾリジン、イミダゾリン、ピラゾリジン、ピラゾリン、ピペリジン、ピペラジン、インドリン、イソインドリン、キヌクリジン、モルホリン等が挙げられ、またそれらの置換体やそれらの位置異性体が挙げられる。

脂肪族環としては、上記芳香族環の1部または全部の不飽和結合を水素化した構造のものがあ、シクロプロパン、シクロブタン、シクロペンタン、テトラヒ

(32)

ドロフラン、シクロヘキサン、シクロヘプタン、シクロオクタン、メチルシクロペンタン、ジメチルシクロペンタン、メチルシクロヘキサン、ノルボルナン、ビスシクロ[2. 2. 2]オクタン、ノルトリシクレン、キュバン、バスケタン、アダマンタン、スピロ[3. 3]ヘプタン、デカリン、シクロペンテン、シクロヘキセン、1, 2-ジメチルシクロペンテン、5-メチル-1, 3-シクロヘキサジエン、等があげられ、またそれらの置換体やそれらの位置異性体が挙げられる。鎖状炭素、鎖状ケイ素、シロキサン鎖は、1個以上複数個の分枝構造をもっているてもよい。主鎖を形成する元素の個数は、1～20が好ましい。1個以上複数個の2重結合あるいは、3重結合を有しているても良い。

例えば、アルカン、アルケン、アルキンがあり、またそれらの置換体やそれらの位置異性体が挙げられる。アルカンには、メタン、エタン、プロパン、n-ブタン、イソブタン、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカン、ウンデカン、ドデカン、テトラデカン、ヘキサデカン、オクタデカン、エイコサン等がある。アルケンには、エデン、プロペン、1-ブテン、2-ブテン、2-メチルプロペン、3, 3-ジメチル-1-ブテン、4-メチル-2-ペンテン、1, 3-ブタジエン、(2E, 4E)-2, 4-ヘキサジエン等がある。

アルキンには、アセチレン、プロピン、1-ブチン、1-ペンチン、1-ヘキシシン、2-ヘキシシン、3-ヘキシシン、1-ヘプチン、1-オクチン、1-ノニン、5-デシン等がある。

第1および第2の実施の形態で樹脂201として用いる樹脂を選択するにあたっては以下のような特性を考慮することが好ましい。

樹脂の屈折率が光導波路の機能を損なわないようにコア材料やクラッド材料の屈折率を考慮して選択されていること。また、ミラー等を用いて偏向された光が受光素子に受光されることを妨げないように選択されていること。さらに、発光素子からの光が光導波路基板に効率よく伝わるように選択されていることである。

また、樹脂としては、ガラス転移点が80℃以上(100℃以上がより好ましく、130℃以上が更により好ましく、150℃以上が最も好ましい)の樹脂を使用することができる。

(33)

封止樹脂中を光が透過する構造においては、使用する樹脂は、使用する光の波長領域において吸収の少ないものを用いることが好ましい。

硬化等の反応をともなう樹脂を使用するにあたっては、反応時の体積収縮の小さい樹脂を選択することが好ましい。

上述してきたように、第1の実施の形態によれば、電気回路の入出力信号を、受発光素子で光信号に変換して光導波路で伝送する構成の光情報処理装置において、光導波路と受発光素子とのアライメントの容易な光情報処理装置を提供することができる。

また、第2の実施の形態によれば、電気回路と受発光素子とが形成された基板を、光導波路基板上に搭載する構成の光情報処理装置において、基板同士を強固に固定することができると共に、装置の信頼性を高めることのできる光情報処理装置を提供することができる。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかる光情報処理装置は、光導波路と受発光素子とのアライメントの容易な光情報処理装置を提供するのに有用である。

#### 【図面の簡単な説明】

図1は、本発明の第1の実施の形態の光情報処理システムの基板10上の光導波路および配線の構成を説明するための上面図である。

図2は、図1の光情報処理システムにおいて、基板100、111、112に搭載されるLSIの配置を示すブロック図である。

図3は、図1の光情報処理システムにおいて、基板10と、基板100等との間の連結構造を示す断面図である。

図4は、図1の光情報処理システムにおいて、光導波路14の伝搬光の偏向を示す説明図である。

図5は、(a)，(b)，(c)図1の光情報処理システムにおいて、基板100、111、112上の配線を示すブロック図である。

図6は、図1の光情報処理システムにおいて、光信号の流れを示す説明図である。

図7は、図1の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を

(34)

示す断面図である。

図 8 は、図 1 の光情報処理システムの基板 10 上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図 9 は、図 1 の光情報処理システムの基板 10 上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図 10 は、図 1 の光情報処理システムの基板 10 上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図 11 は、図 1 の光情報処理システムの基板 10 上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図 12 は、図 11 の B-B' 断面図である。

図 13 は、第 1 の実施の形態において、別の構成の偏向手段を備えた光導波路の構成を示す断面図である。

図 14 は、第 1 の実施の形態において、別の構成の偏向手段を備えた光導波路の構成を示す断面図である。

図 15 は、第 1 の実施の形態において、別の構成の偏向手段を備えた光導波路の構成を示す断面図である。

図 16 は、第 1 の実施の形態において、エバネッセント波を利用して光信号を受光する構成にした光導波路の構成を示す断面図である。

図 17 は、第 1 および第 2 の実施の形態の光情報処理システムの光導波路に用いることができる光導波路の形状を示す説明図である。

図 18 は、第 1 および第 2 の実施の形態の光情報処理システムの光導波路に用いることができる光導波路の形状を示す説明図である。

図 19 は、図 1 の光情報処理システムにおいて、基板 10 と、基板 100 等との間の連結構造の別の構成例を示す断面図である。

図 20 は、図 1 の光情報処理システムの光導波路に上部クラッドを備えた構成を示す断面図である。

図 21 は、本発明の第 2 の実施の形態の光情報処理システムの基板 10 上の光導波路および配線の構成を説明するための上面図である。

図 22 は、図 21 の光情報処理システムにおいて、基板 100、111、11

(35)

2に搭載されるLSI、受光素子および発光ダイオードの配置を示すブロック図である。

図23は、図21の光情報処理システムにおいて、基板10と、基板100等との間の連結構造を示す断面図である。

図24は、図21の光情報処理システムにおいて、光導波路14の伝搬光の偏向を示す説明図である。

図25は、(a), (b), (c) 図21の光情報処理システムにおいて、基板100、111、112上の配線を示すブロック図である。

図26は、図21の光情報処理システムにおいて、光信号の流れを示す説明図である。

図27は、図21の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図28は、図21の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図29は、図21の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図30は、図21の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図31は、図21の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図32は、図21の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図33は、図21の光情報処理システムの基板10上の光導波路を製造する工程を示す断面図である。

図34は、図33のD-D'断面図である。

図35は、第2の実施の形態において、マイクロミラーと配線とを一体とした構成を示す断面図である。

図36は、図35の上面図である。

図37は、第2の実施の形態のマイクロミラーの別の製造方法を示す断面図で

ある。

図 3 8 は、第 2 の実施の形態のマイクロミラーの別の製造方法を示す断面図である。

図 3 9 は、第 2 の実施の形態のマイクロミラーの別の製造方法を示す断面図である。

図 4 0 は、第 2 の実施の形態のマイクロミラーの別の製造方法を示す断面図である。

図 4 1 は、第 2 の実施の形態のマイクロミラーのさらに別の製造方法を示す断面図である。

図 4 2 は、第 2 の実施の形態のマイクロミラーのさらに別の製造方法を示す断面図である。

図 4 3 は、第 2 の実施の形態の光情報処理装置の光導波路の上部を平坦にし、上部クラッドを設けた構成を示す断面図である。

図 4 4 は、図 2 1 の光情報処理システムにおいて、基板 1 0 と、基板 1 0 0 等との間の連結構造の別の構成例を示す断面図である。

図 4 5 は、図 2 1 の光情報処理システムにおいて、基板 1 0 と、基板 1 0 0 等との間の連結構造の別の構成例を示す断面図である。

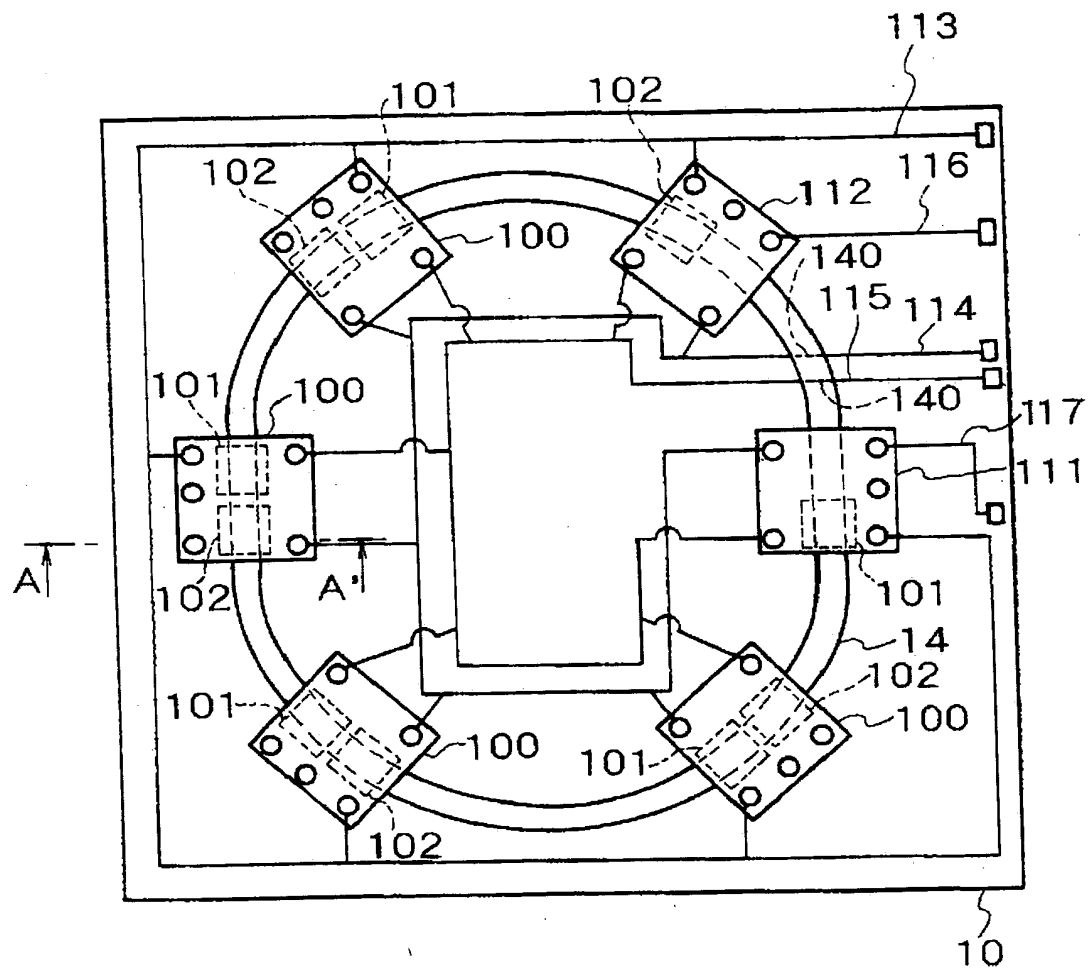
図 4 6 は、図 2 1 の光情報処理システムにおいて、基板 1 0 と、基板 1 0 0 等との間の連結構造の別の構成例を示す断面図である。

図 4 7 は、本発明の第 3 の実施の形態の情報処理装置の発光素子 1 0 2 と光導波路 1 4 との配置を示す説明図である。

図 4 8 は、本発明の第 4 の実施の形態の情報処理装置の受光素子 1 0 1 と光導波路 1 4 との配置を示す説明図である。

(37)

【図1】





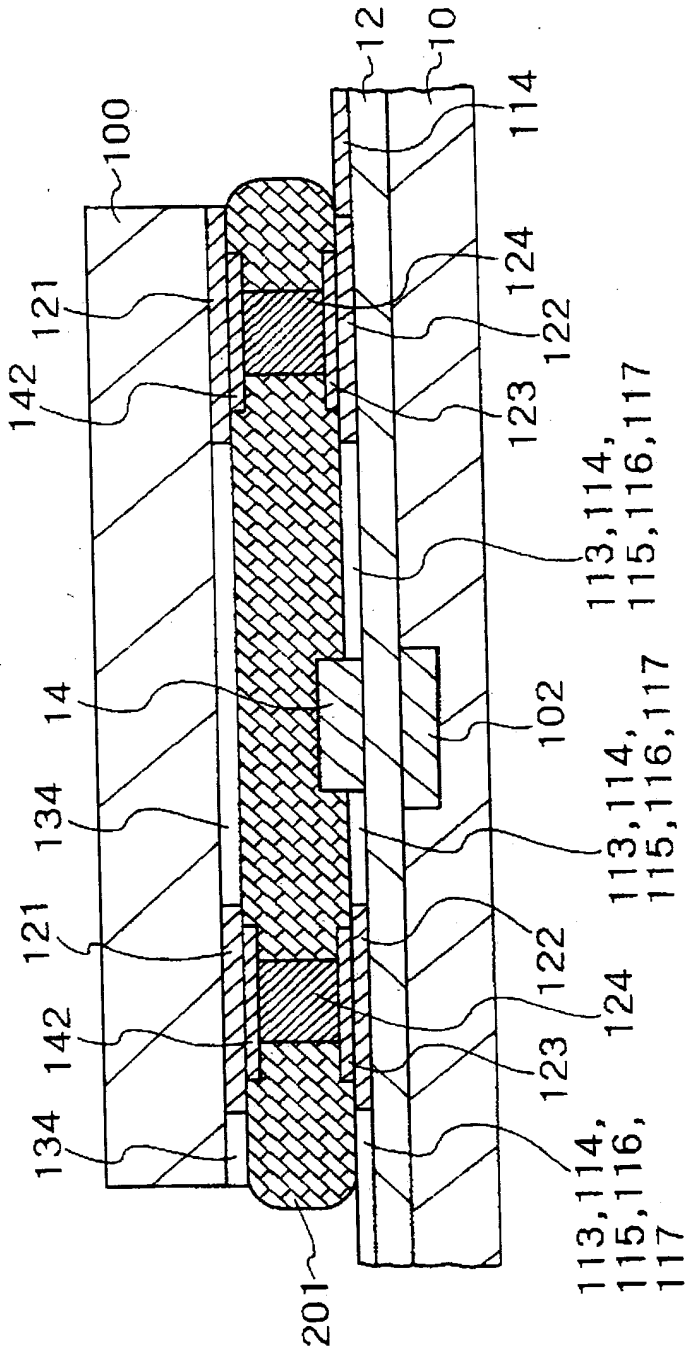


(39)

【图3】

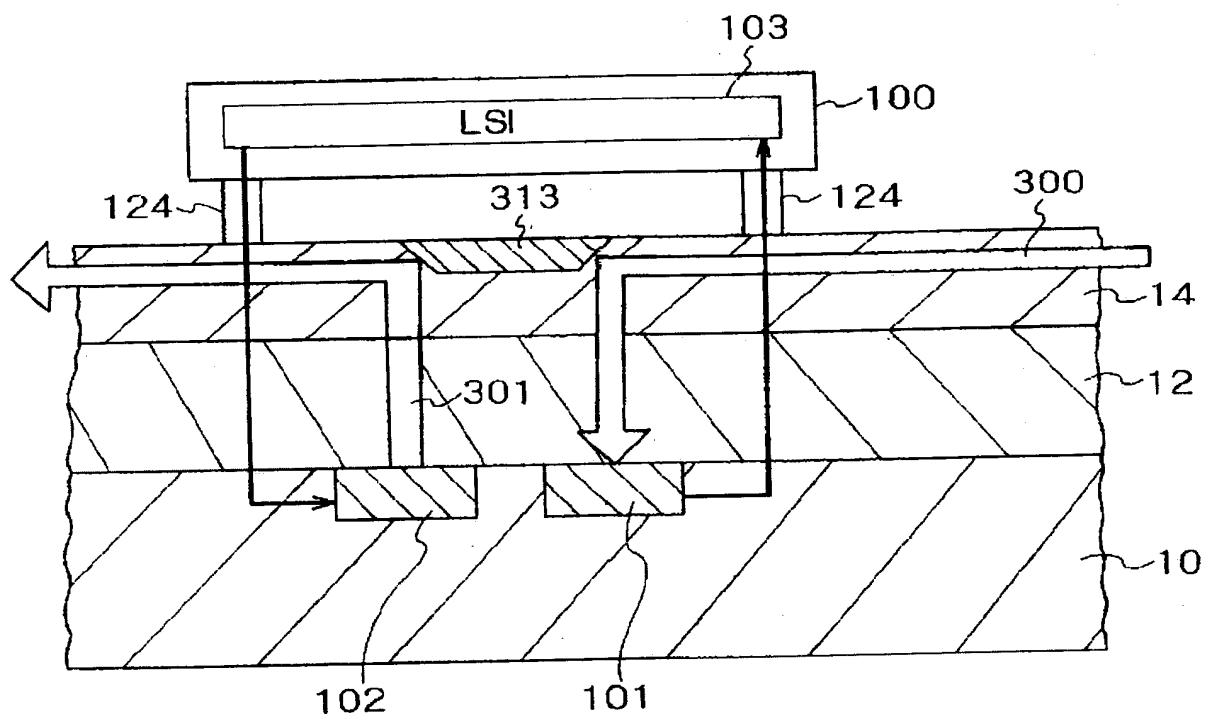
图3

A-A'断面图



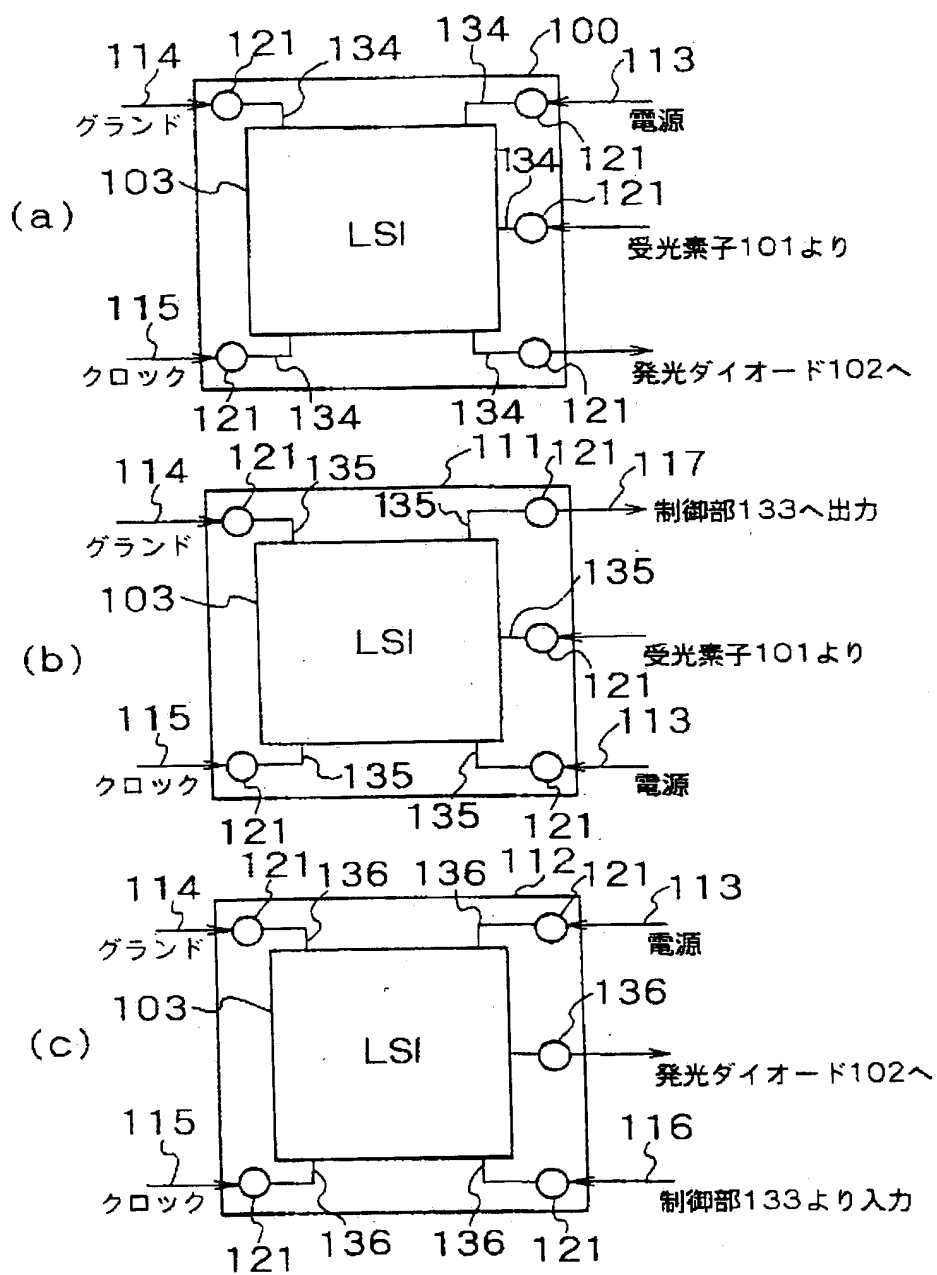
(40)

【図4】



(41)

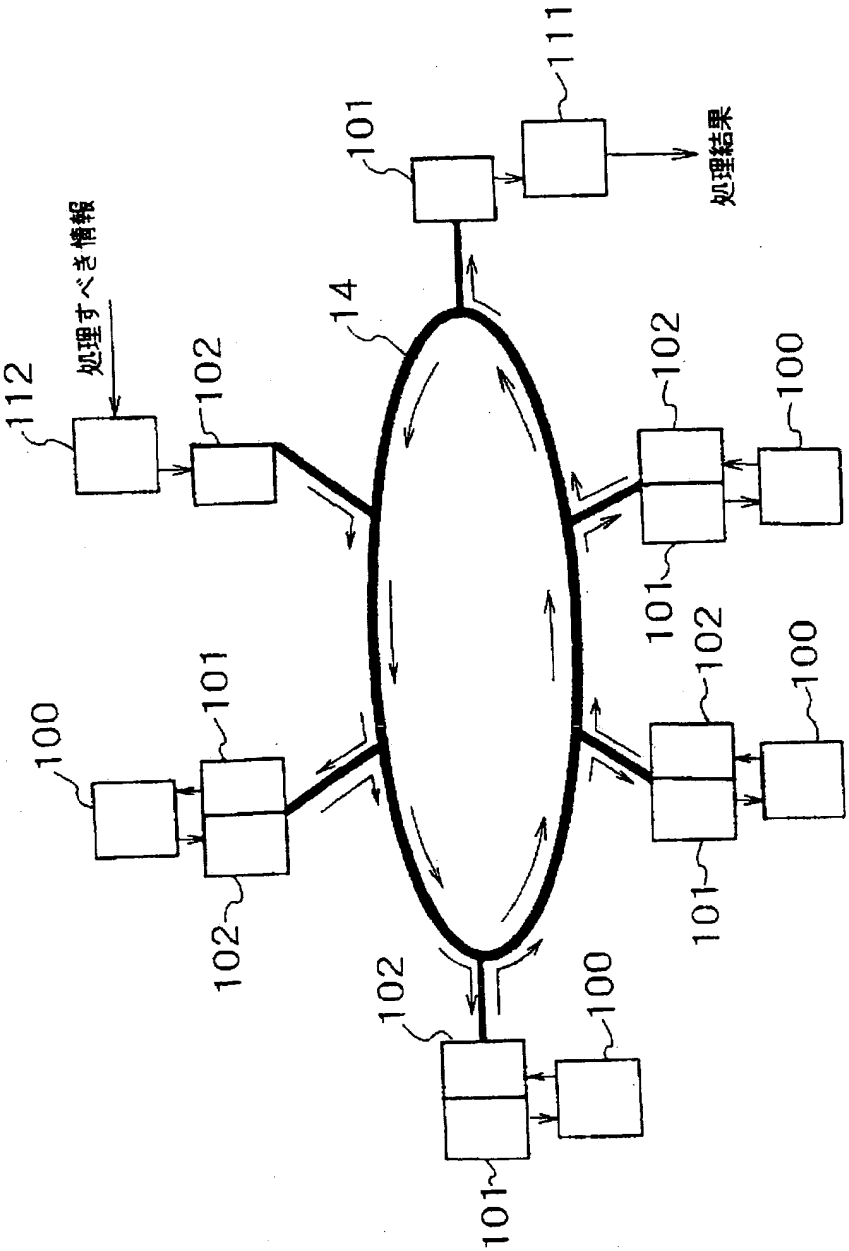
【図5】



(42)

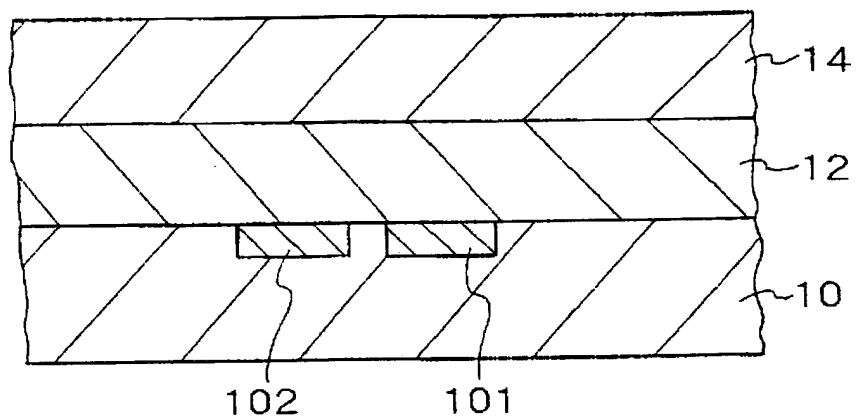
【図6】

図6

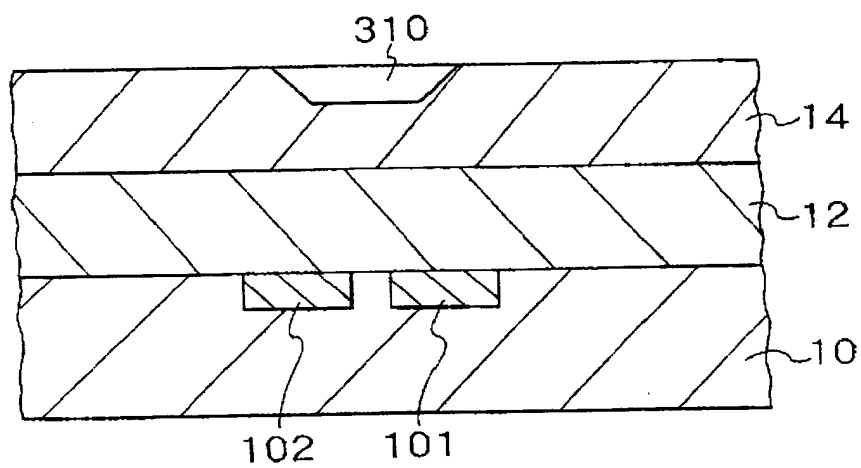


(43)

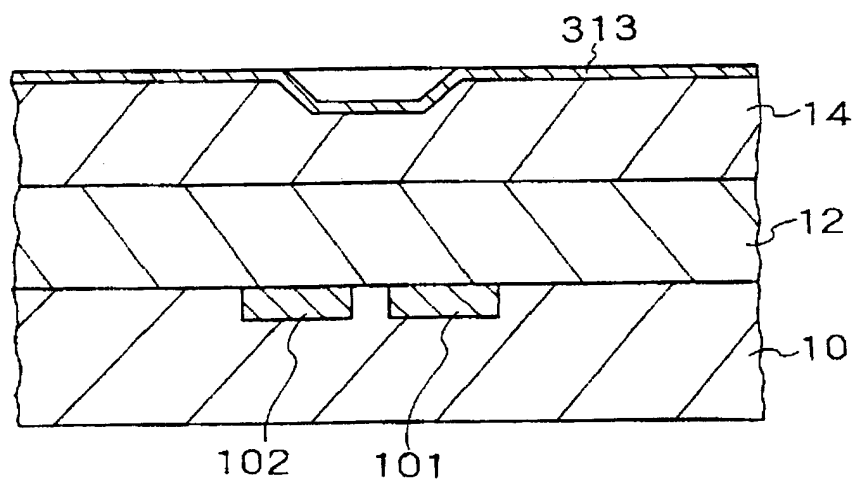
【図7】



【図8】

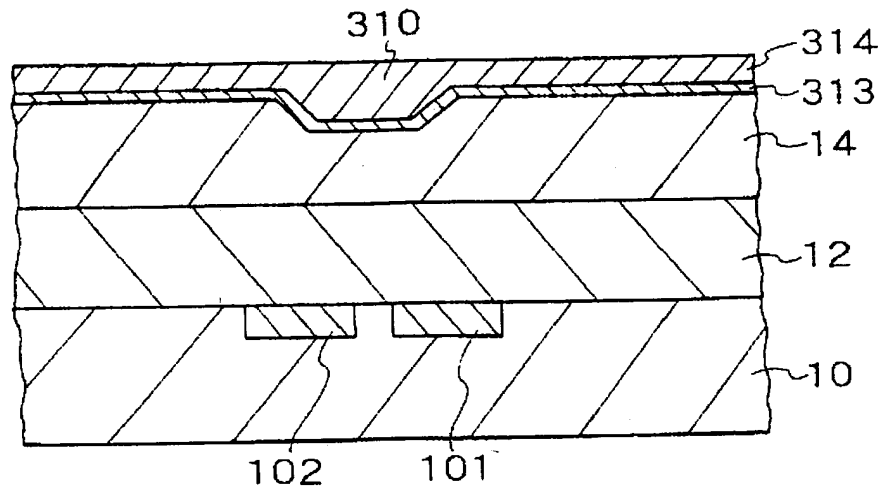


【図9】

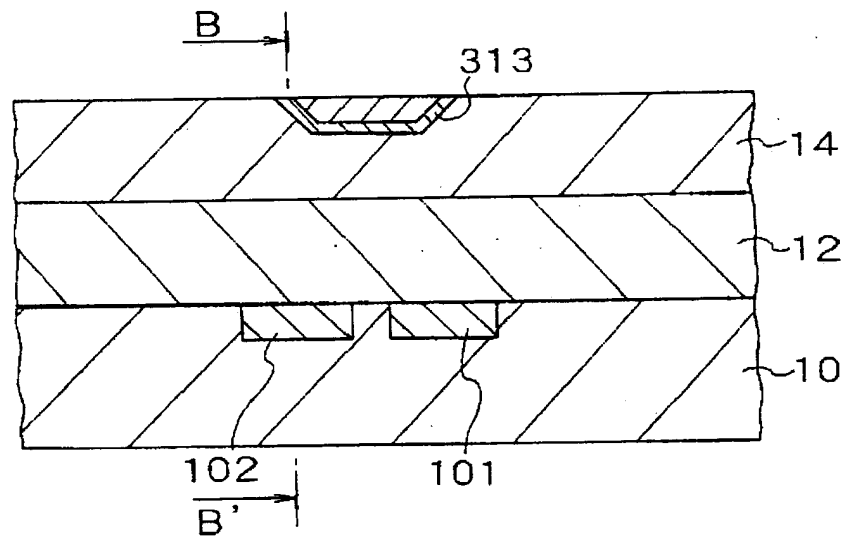


(44)

【図10】

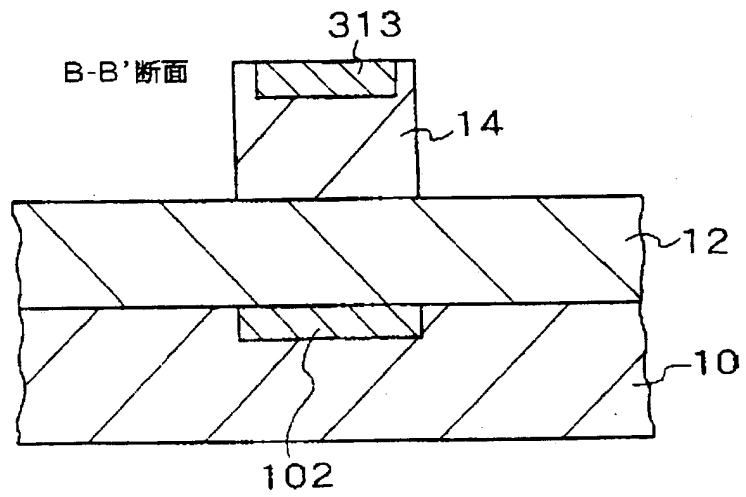


【図11】

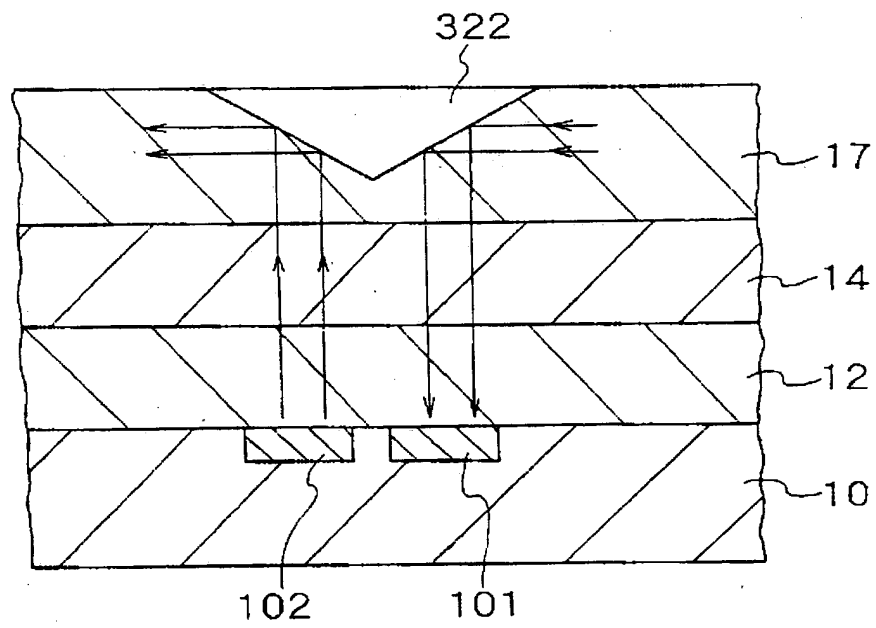


(45)

【図12】

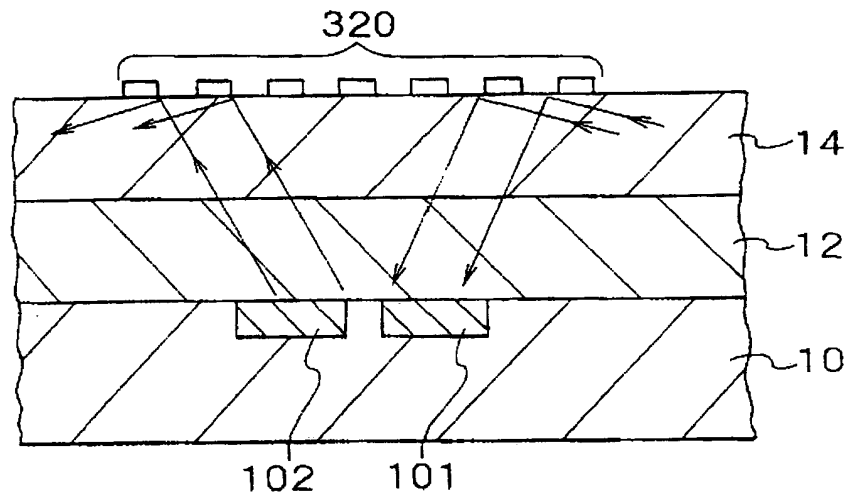


【図13】

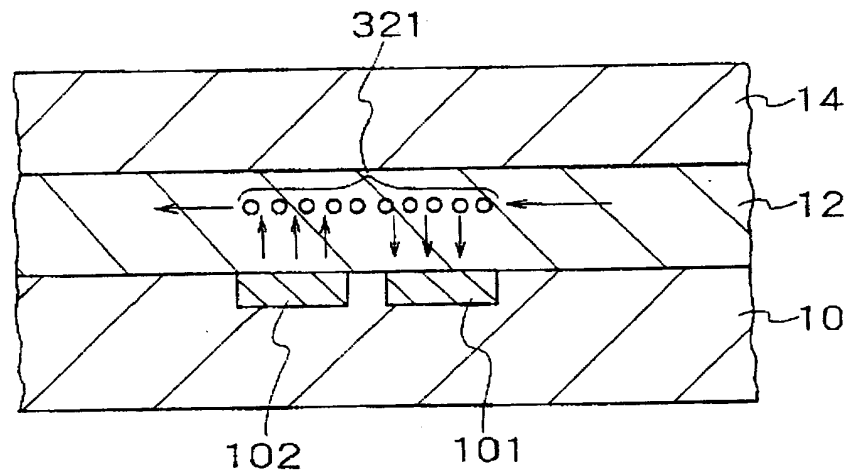


(46)

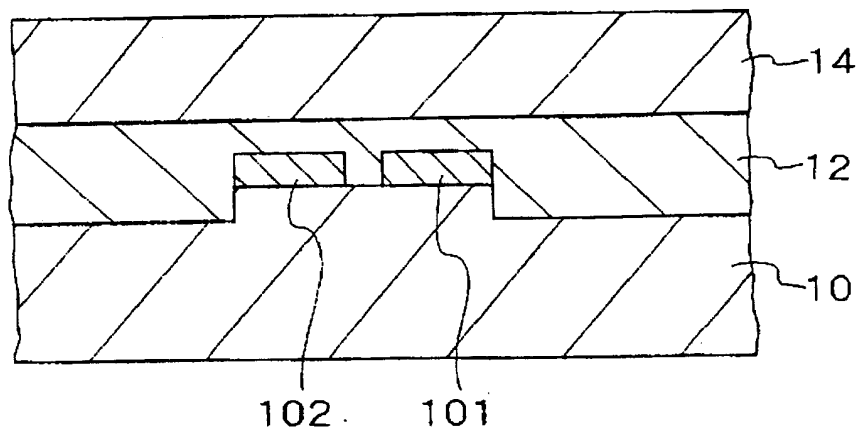
【図14】



【図15】



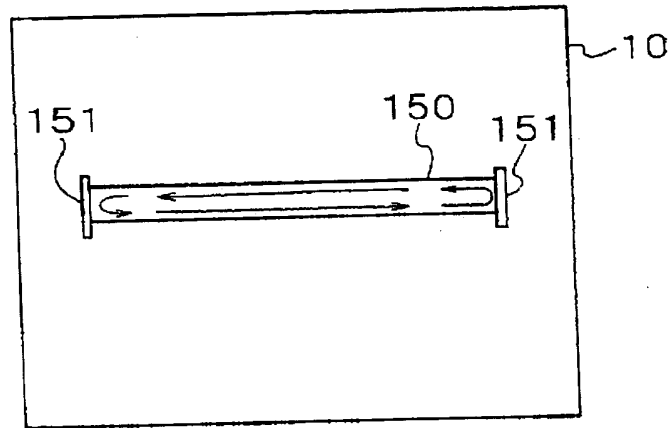
【図16】



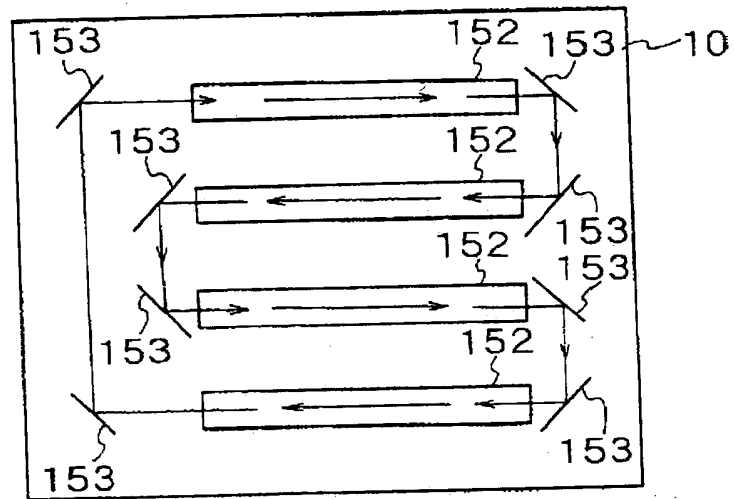


(47)

【図17】



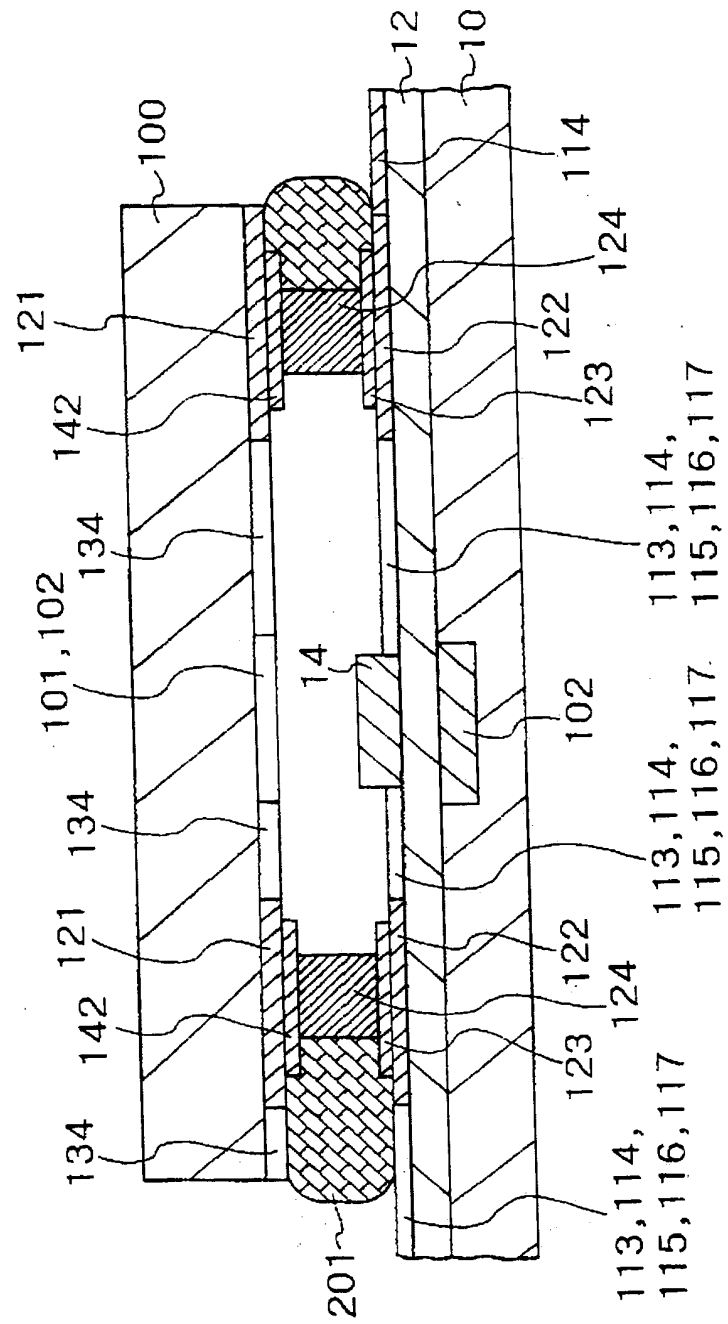
【図18】



(48)

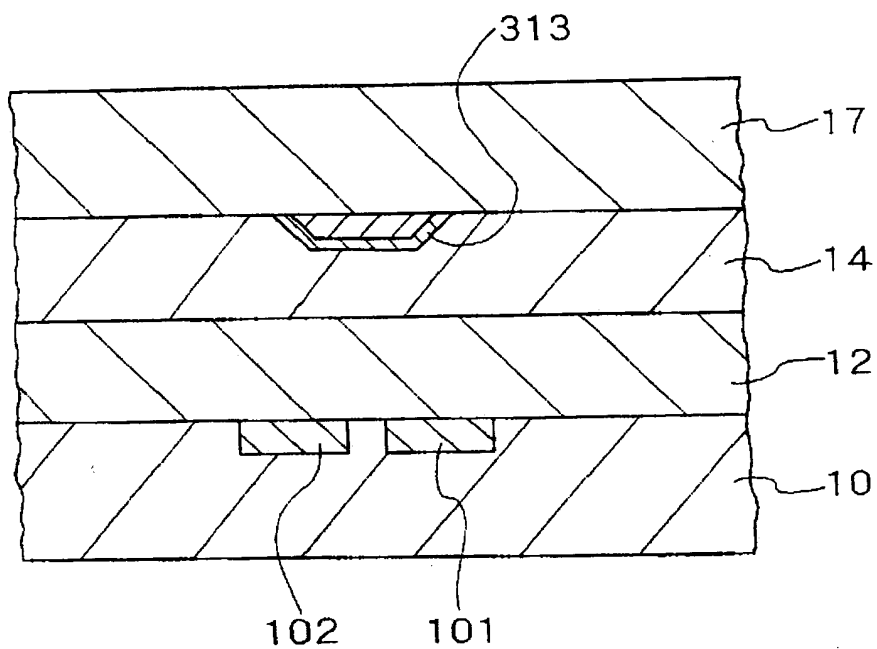
【図19】

図19

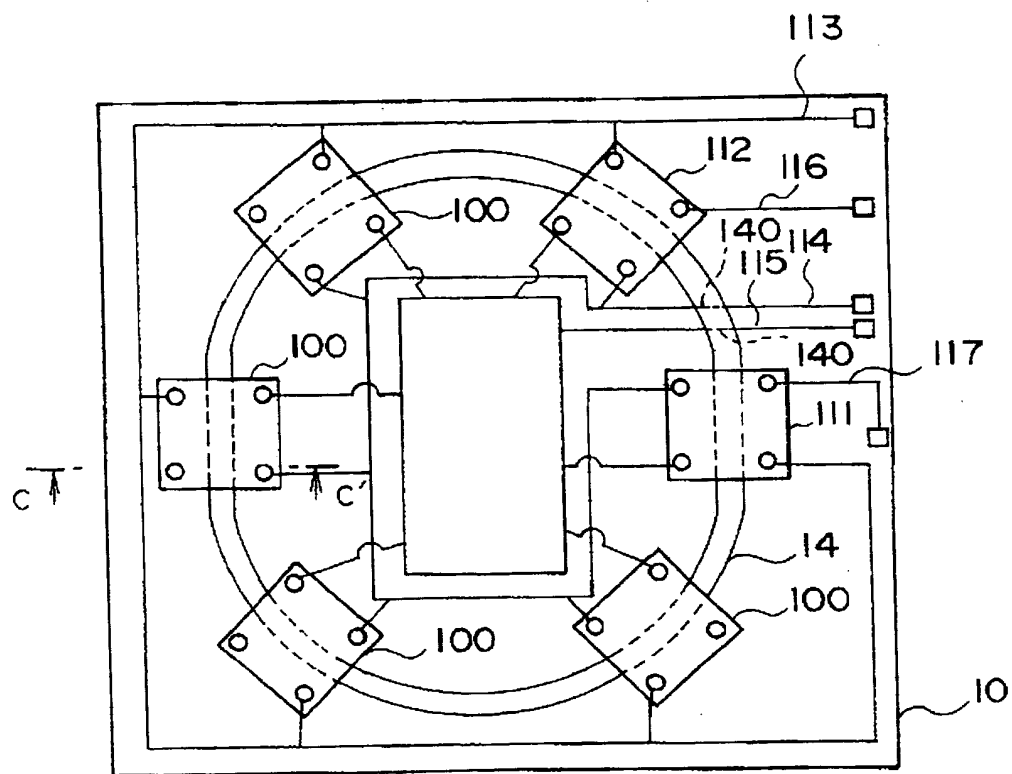


(49)

【図20】

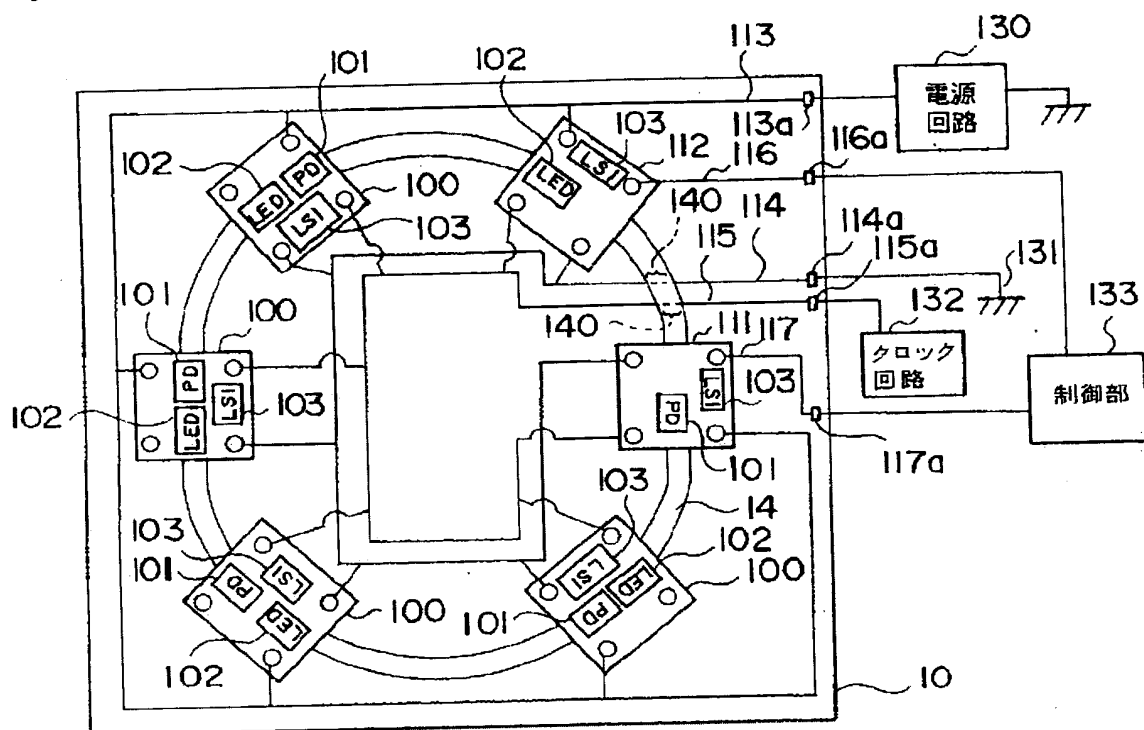


【図21】



(50)

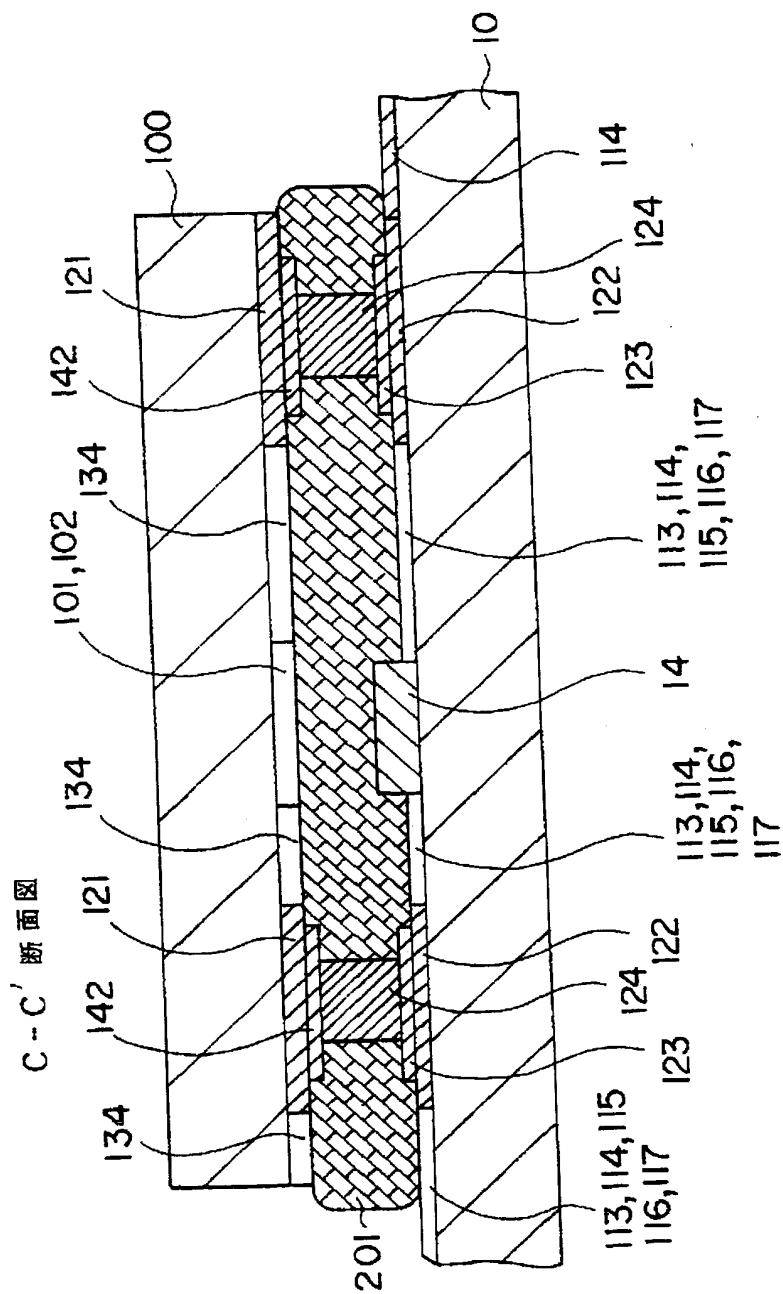
【圖 22】



(51)

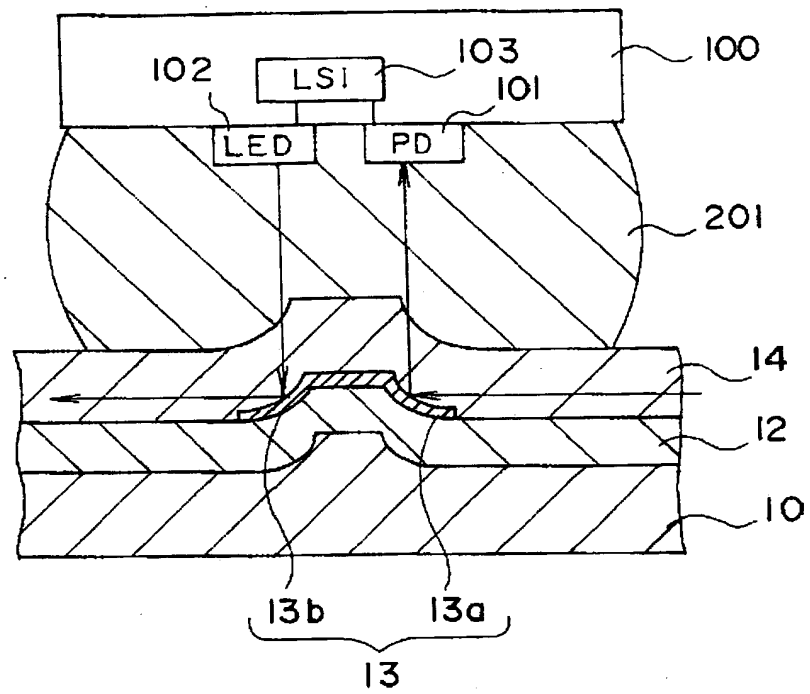
【图23】

图23



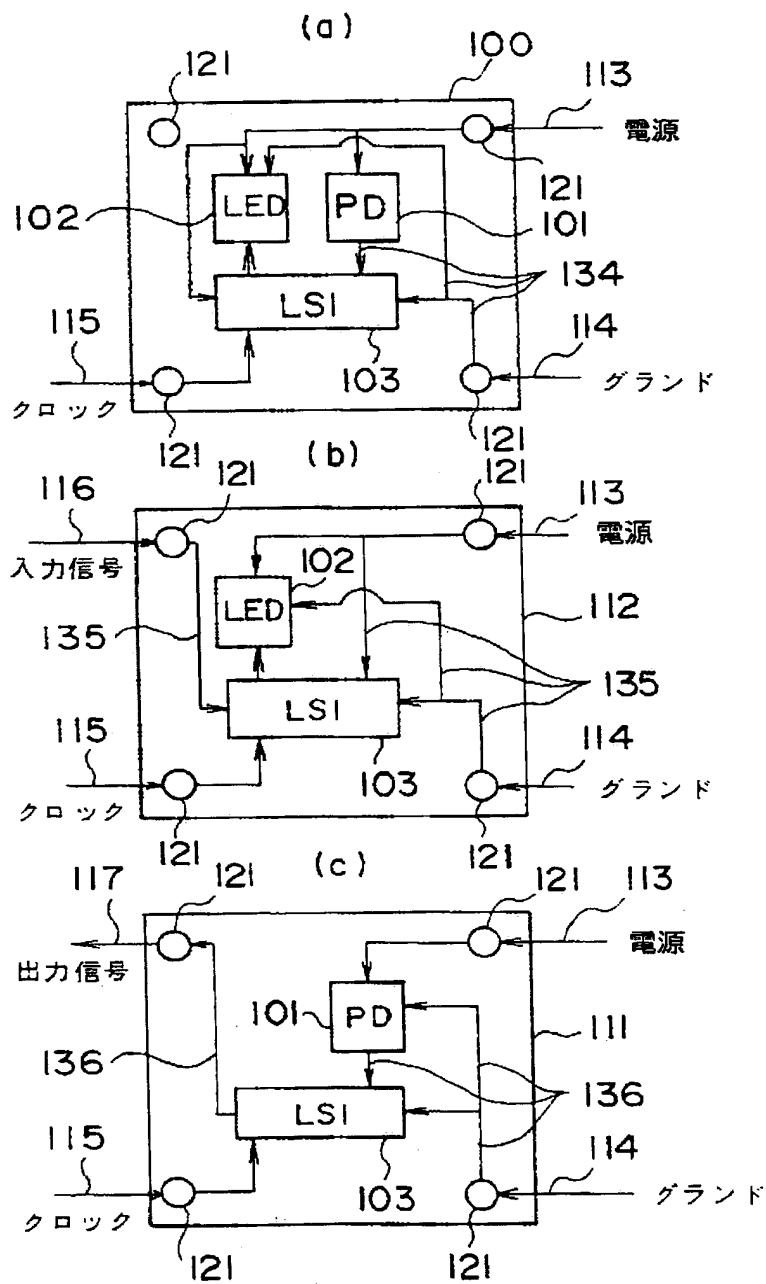
(52)

【図24】



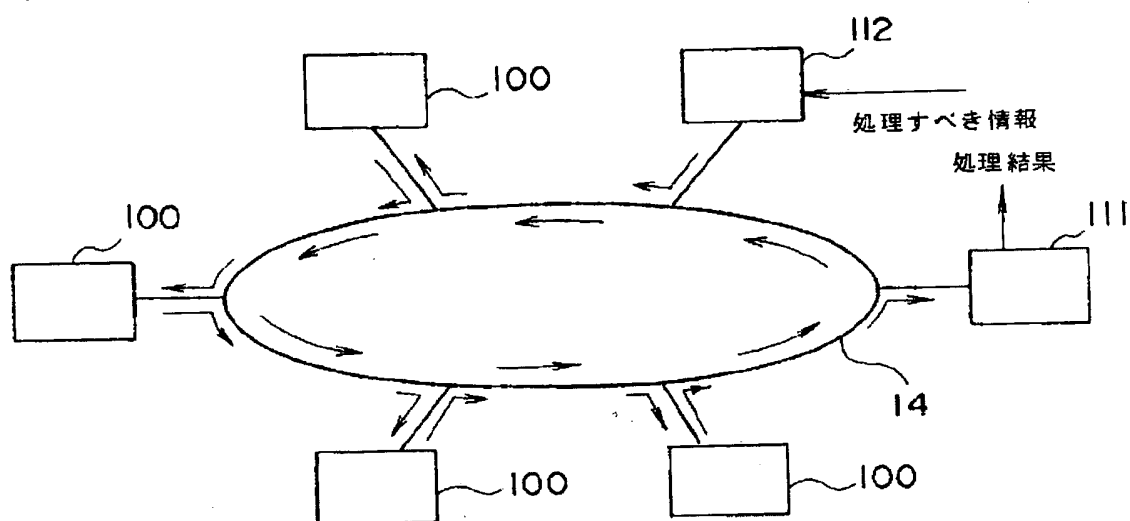
(53)

【図25】

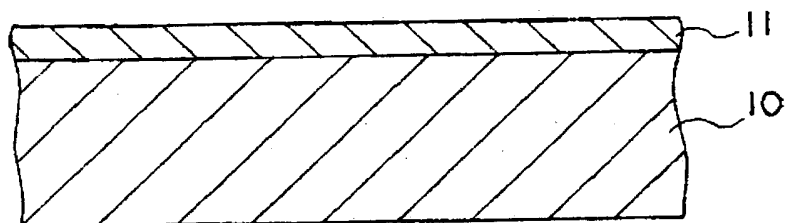


(54)

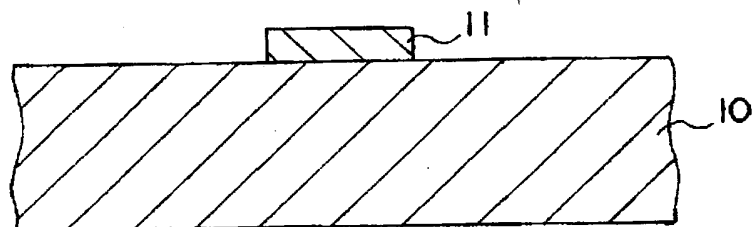
【図26】



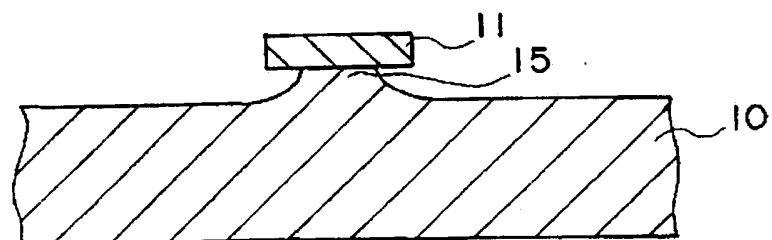
【図27】



【図28】



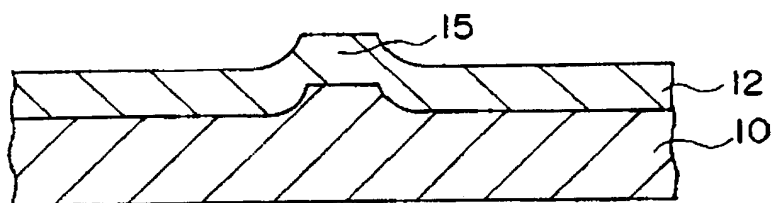
【図29】



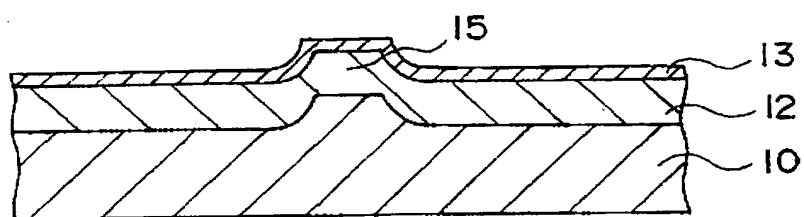


(55)

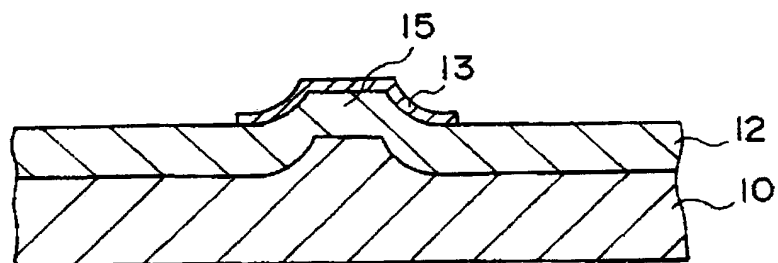
【図30】



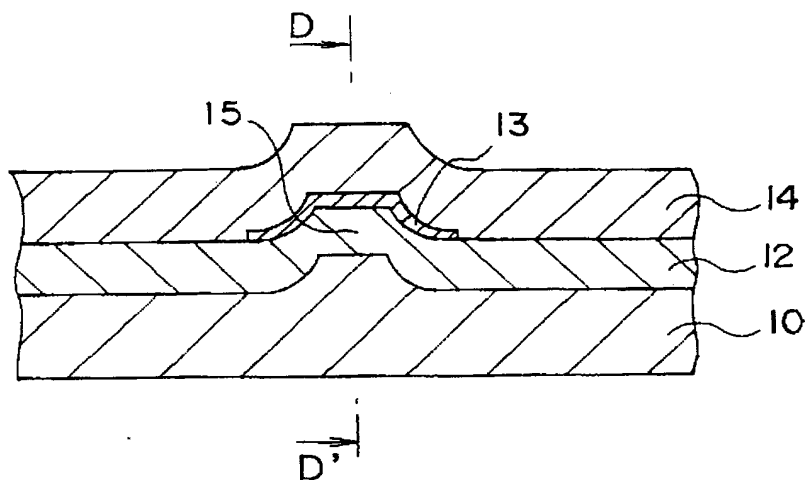
【図31】



【図32】



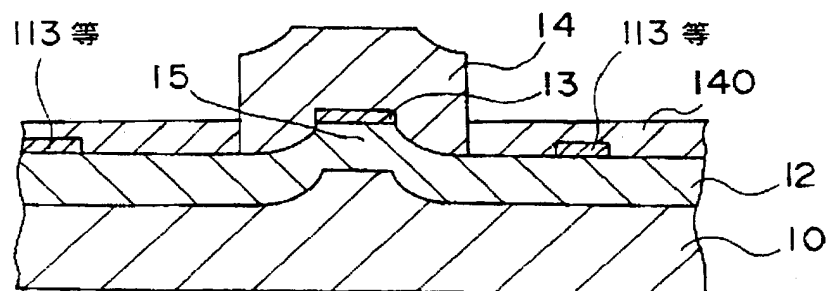
【図33】



(56)

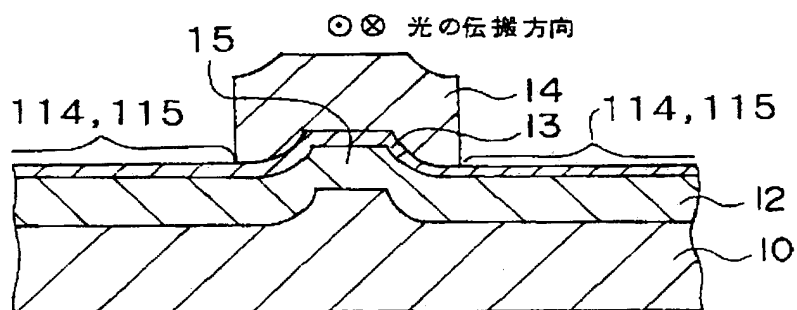
【図34】

D-D'断面図

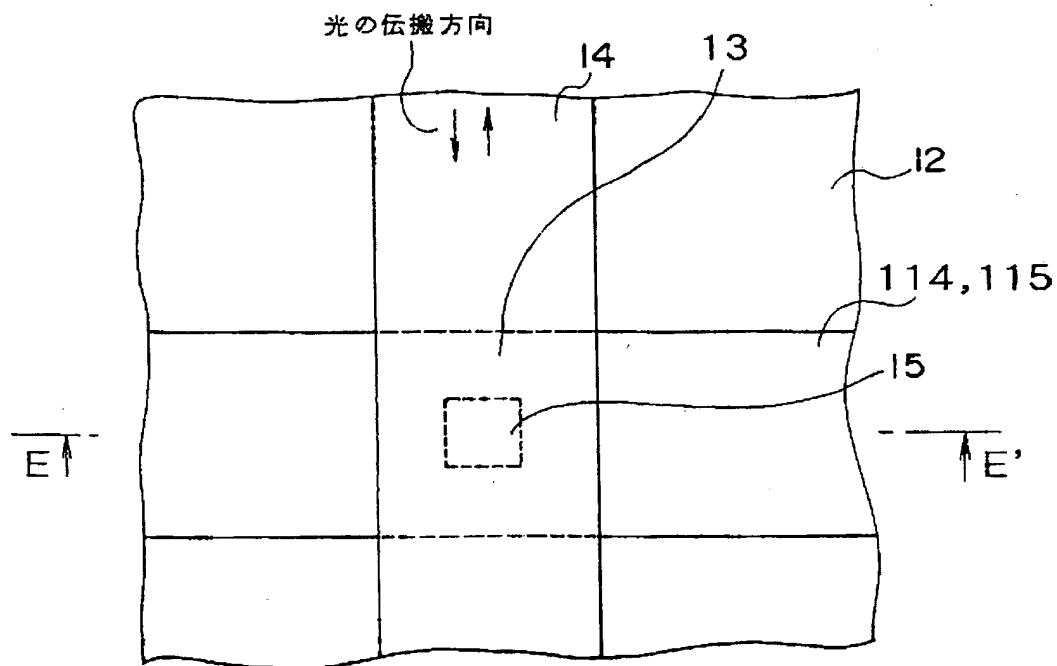


【図35】

E-E'断面図

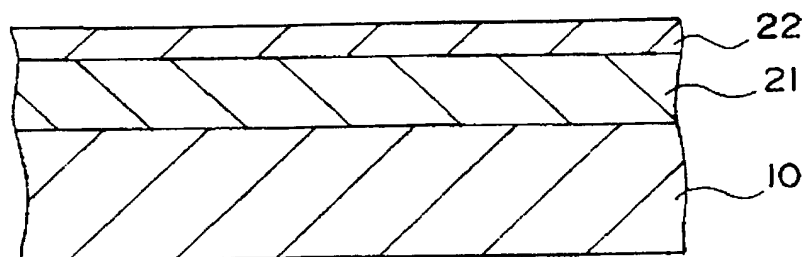


【図36】

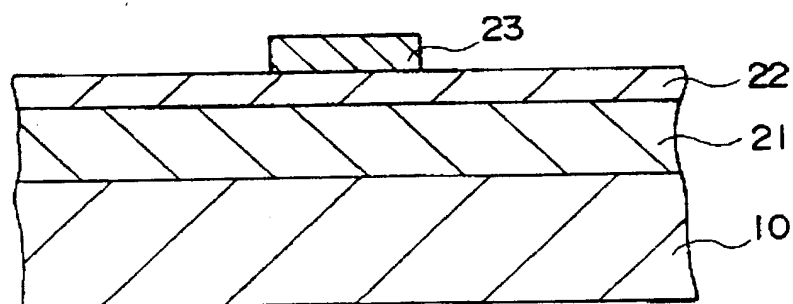


(57)

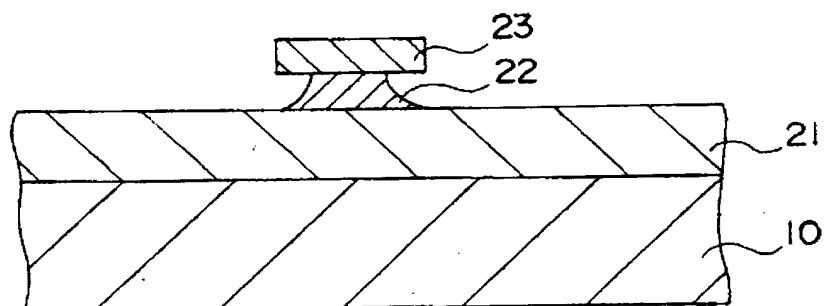
【図37】



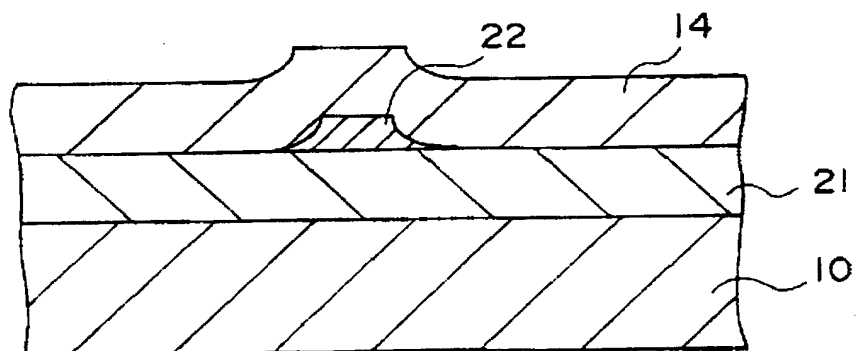
【図38】



【図39】

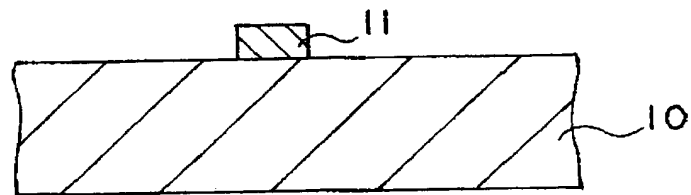


【図40】

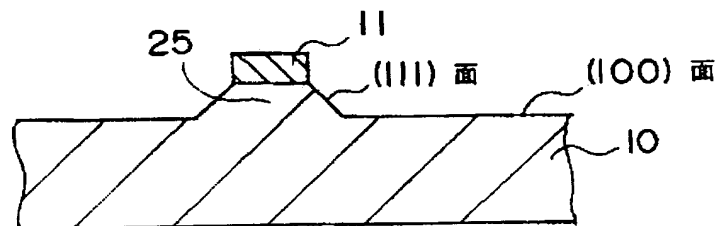


(58)

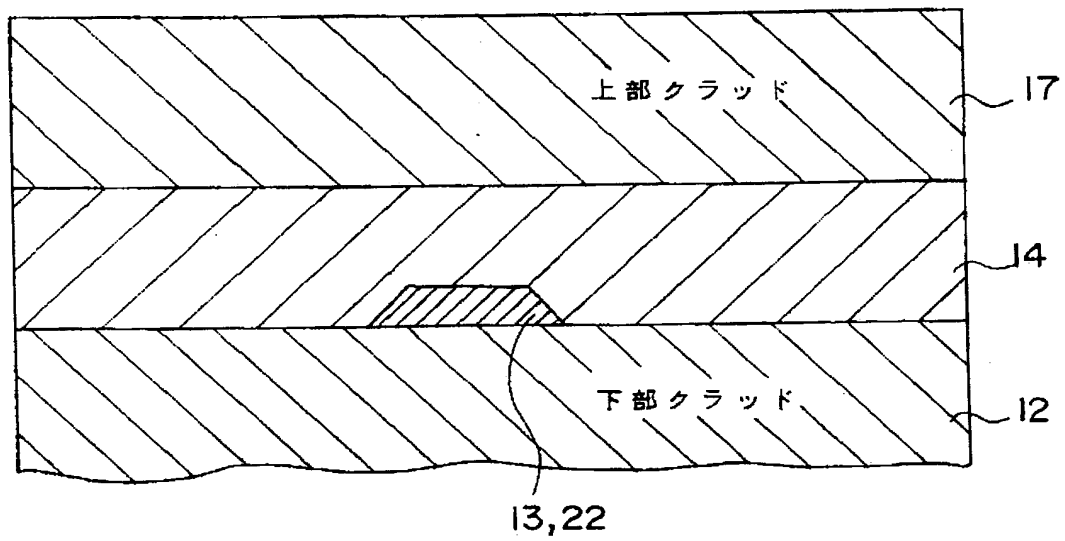
【図41】



【図42】

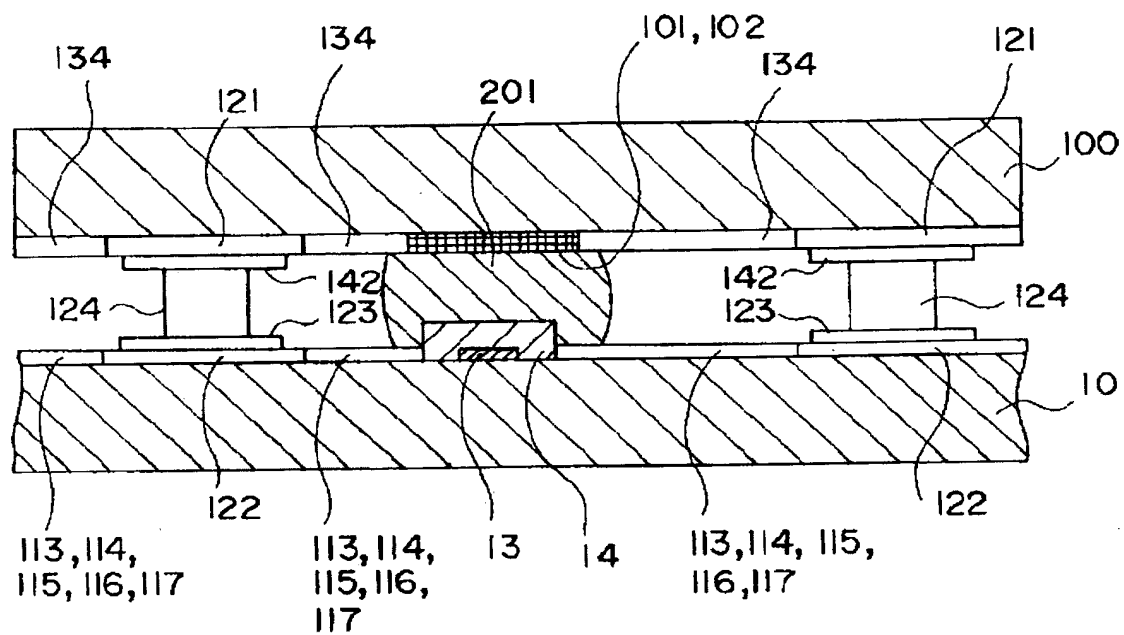


【図43】



(59)

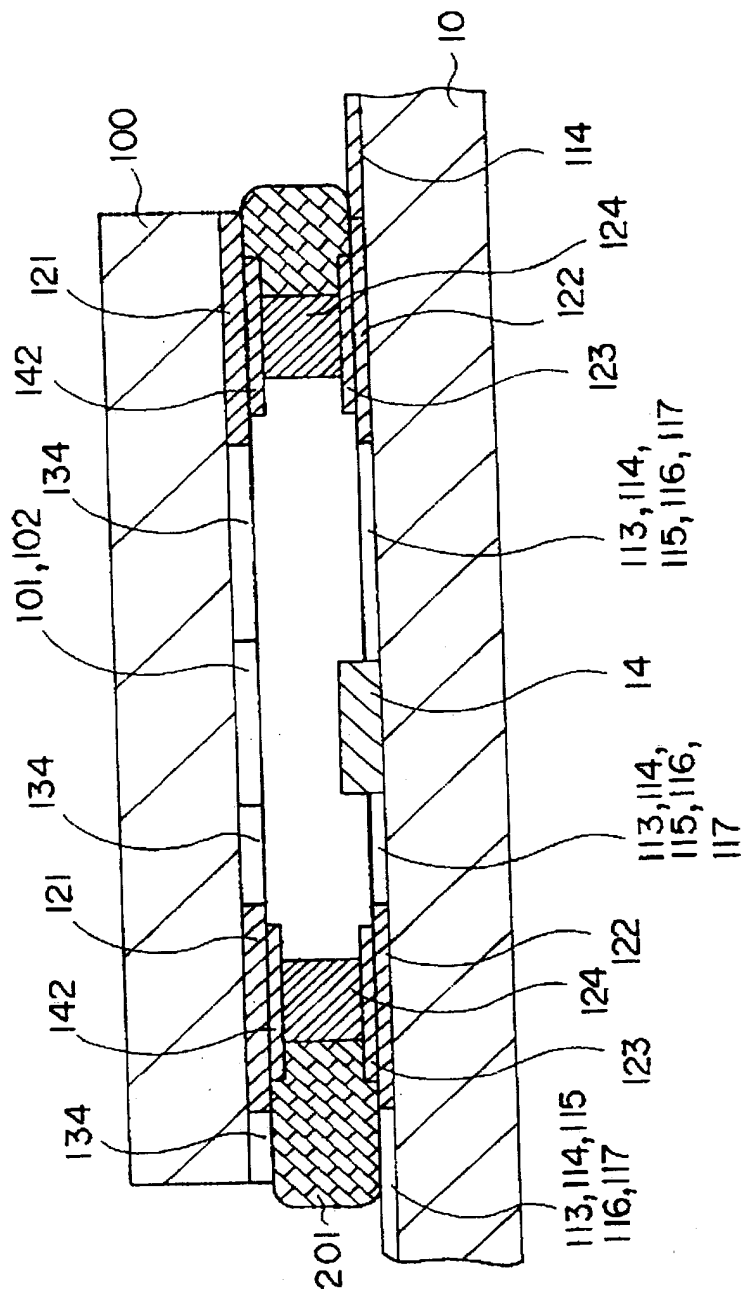
【図44】



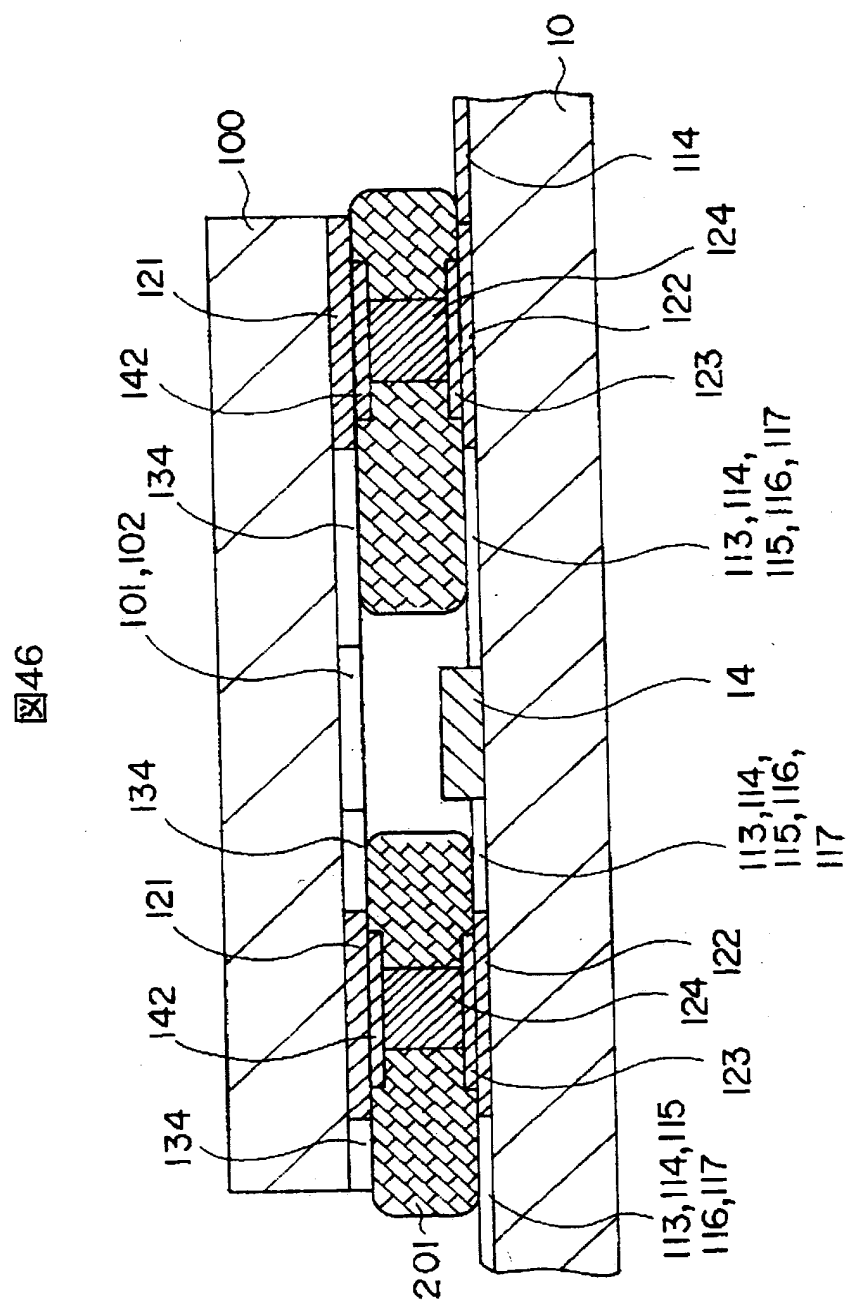
(60)

【图45】

图45



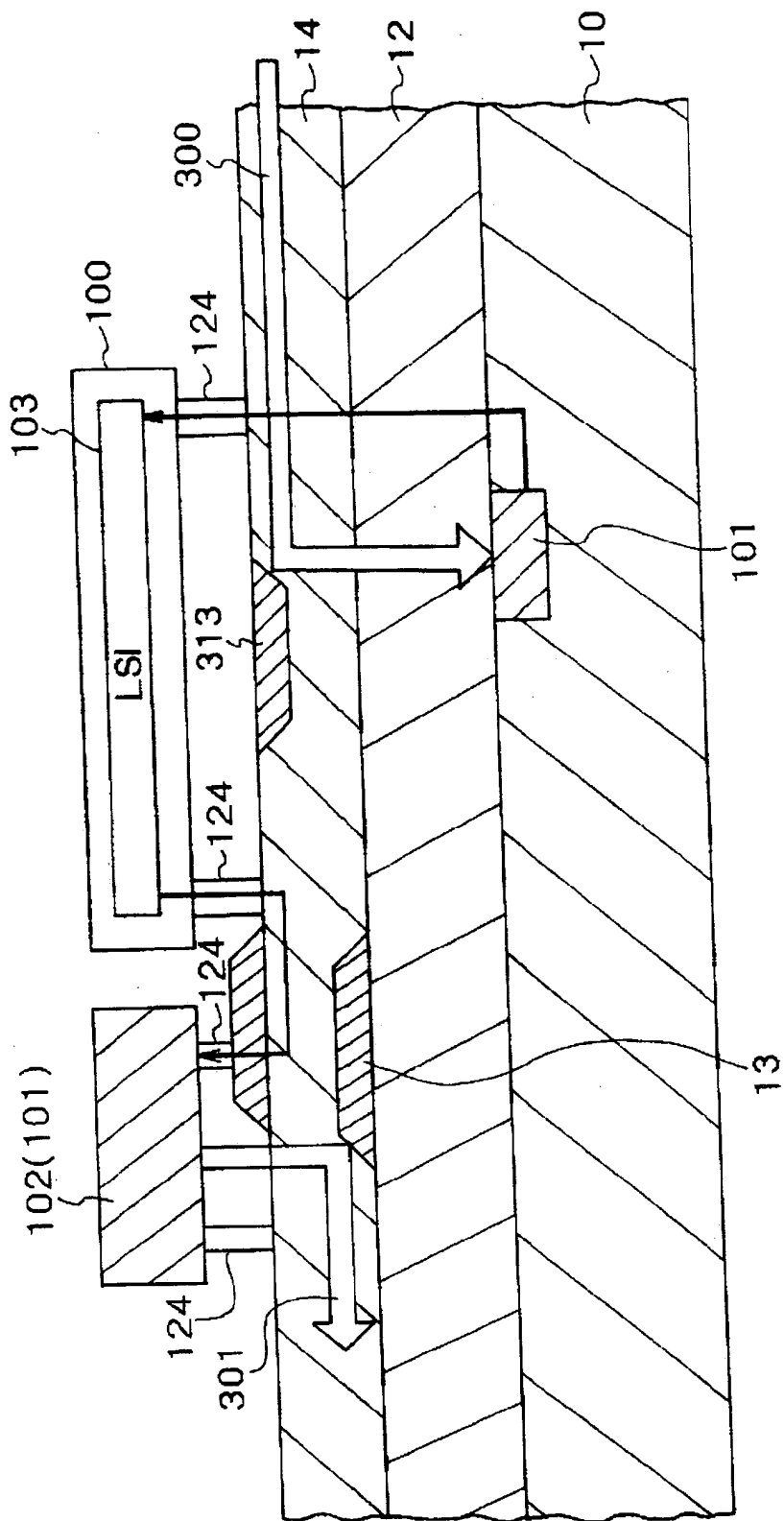
【図 46】



(62)

【図47】

図47







(64)

【手続補正書】特許協力条約第34条補正の写し提出書

【提出日】平成11年10月18日(1999.10.18)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】削除

【請求項2】(補正後)

光導波路を備えた導波路基板と、  
前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、

前記光導波路の下部には、前記光導波路を伝搬する光を受光するための受光素子が配置され、

前記電気回路基板の電気回路は、前記受光素子に接続され、

前記光導波路には、前記伝搬光の一部を前記受光素子に向けて偏向する偏向手段が設けられ、

該偏向手段は、前記光導波路のクラッドに設けられたくさび形の切り込み、または、グレーティング、または、前記光導波路のクラッド中に混入された該クラッドとは屈折率の異なるビーズ、または、前記光導波路のクラッド中に形成された空隙であることを特徴とする光情報処理装置。

【請求項3】削除

【請求項4】削除

【請求項5】削除

【請求項6】削除

【請求項7】(補正後)

光導波路を備えた導波路基板と、

前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板と

(65)

を有し、

前記光導波路の下部には、前記光導波路に伝搬させる光を発光するための発光素子と、光を受光するための受光素子とが配置され、

前記電気回路基板の電気回路は、前記発光素子と受光素子とに接続されていることを特徴とする光情報処理装置。

【請求項 8】（補正後）

導波路基板と、前記導波路基板上に配置された光信号を循環させるための環状光導波路と、前記導波路基板上に搭載された電気回路基板と、前記複数の電気回路基板の電気回路をそれぞれ前記環状光導波路に接続するための一以上の受光素子および一以上の発光素子を有し、

前記一以上の受光素子および／または前記一以上の発光素子は、前記光導波路の下に配置されていることを特徴とする光情報処理システム。

【請求項 9】（補正後）

導波路基板と、前記導波路基板上に配置された光信号を循環させるための環状光導波路と、前記導波路基板上に搭載された一以上の第 1 タイプの電気回路基板と、前記導波路基板上に搭載された一以上の第 2 タイプの電気回路基板と、前記第 1 タイプの電気回路基板の電気回路を前記環状光導波路に接続するために前記第 1 タイプの電気回路基板に接続された受光素子および発光素子の対と、前記第 2 タイプの電気回路基板の電気回路を前記環状光導波路に接続するために前記第 2 タイプの電気回路基板に接続された受光素子または発光素子とを有し、

前記受光素子および前記発光素子のうちの少なくとも一つは、前記光導波路の下に配置されていることを特徴とする光情報処理システム。

【請求項 10】（補正後）

導波路基板と、前記導波路基板上に配置された光信号を循環させるための環状光導波路と、前記導波路基板上に搭載された一以上の第 1 タイプの電気回路基板と、前記導波路基板上に搭載された一以上の第 2 タイプの電気回路基板と、前記第 1 タイプの電気回路基板の電気回路を前記環状光導波路に接続するために前記第 1 タイプの電気回路基板の電気回路に接続された受光素子および発光素子の対と、前記第 2 タイプの電気回路基板の電気回路を前記環状光導波路に接続するた

(66)

めに前記第2タイプの電気回路基板の電気回路に接続された受光素子または発光素子とを有し、

前記第1タイプの電気回路基板の電気回路に接続された受光素子および発光素子の対、ならびに、前記第2タイプの電気回路基板の電気回路に接続された受光素子または発光素子は、いずれも、前記光導波路の下に配置されていることを特徴とする光情報処理システム。

【請求項11】（補正後）

光導波路を備えた導波路基板と、

前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、

前記電気回路基板は、前記光導波路を伝搬する光信号を受光するための受光素子と、電気回路とを備え、

前記導波路基板と前記電気回路基板との間の空間の少なくとも一部は、異方導電性接着剤によって充填されていることを特徴とする光情報処理装置。

【請求項12】（補正後）

請求項11に記載の光情報処理装置において、前記異方導電性接着剤は、前記光導波路と前記受光素子との間の空間のみを充填し、前記光導波路から前記受光素子へ向かって出射される光のガイドを兼ねていることを特徴とする光情報処理装置。

【請求項13】（補正後）

請求項11に記載の光情報処理装置において、前記異方導電性接着剤は、前記導波路基板と前記電気回路基板との空間の周囲部分のみを充填することを特徴とする光情報処理装置。

【請求項14】（補正後）

請求項11に記載の光情報処理装置において、前記異方導電性接着剤は、前記導波路基板と前記電気回路基板との空間のうち、前記光導波路と前記受光素子との間の空間を除いた空間を充填することを特徴とする光情報処理装置。

【請求項15】（補正後）

請求項11に記載の光情報処理装置において、前記導波路基板は、配線パターン

(67)

ンを有し、

前記樹脂の一部は、導電性であり、

前記受光素子および電気回路は、前記異方導電性接着剤によって前記配線パターンと電気的に接続されていることを特徴とする光情報処理装置。

【請求項 16】（追加）

光導波路を備えた導波路基板と、

前記光導波路と対向するように前記導波路基板上に搭載された電気回路基板とを有し、

前記電気回路基板は、電気回路とを備え、

前記導波路基板と前記電気回路基板との間の空間のうち、少なくとも前記光導波路の上部の空間は、異方導電性接着剤によって充填され、該異方導電性接着剤の屈折率は、前記光導波路の屈折率よりも低く、前記異方導電性接着剤が前記光導波路のクラッドを兼用していることを特徴とする光情報処理装置。

【請求項 17】（追加）

請求項 16 に記載の光情報処理装置において、前記導波路基板と前記電気回路基板との間の空間は、すべて前記異方導電性接着剤によって充填されることにより封止されていることを特徴とする光情報処理装置。

(68) \

## 【国際調査報告】

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP98/04432	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl. <sup>8</sup> G02B6/43, G02B6/122			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl. <sup>8</sup> G02B6/43, G02B6/12, G02B6/122, G02B6/124, G02B6/125, G02B6/13, G02B6/132, G02B6/136 H01L31/12			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996 日本国公開実用新案公報 1971-1998 日本国登録実用新案公報 1994-1998 日本国実用新案登録公報 1996-1998			
国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	JP, 5-297234, A (モトローラ・インコーポレイテッド) 12. 11月. 1993 (12. 11. 93) & US, 5170448, A	1-10	
Y	JP, 7-248421, A (株式会社リコー) 26. 9月. 1995 (26. 09. 95) (ファミリーなし)	1-10	
Y	JP, 9-96746, A (富士通株式会社) 8. 4月. 1997 (08. 04. 97) (ファミリーなし)	1-10, 15	
Y	JP, 59-135438, A (キヤノン株式会社) 3. 8月. 1984 (03. 08. 84) & US, 4640592, A	4	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日		国際調査報告の発送日	
04. 12. 98		15.12.98	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 岡田 吉美 印 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	

様式PCT/ISA/210 (第2ページ) (1998年7月)

(69)

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP98/04432
C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P, 2-136805, A (日本板硝子株式会社) 25. 5月. 1990 (25. 05. 90) (ファミリーなし)	6
Y	Optoelectronic Interconnects and Packaging, vol. CR62, (199 6), Mitumasa Koyanagi, [Optical Interconnection Using Polyimide Waveguide for Multi-Chip Module], p. 329-342	8-15
Y	J P, 4-113675, A (セイコーエプソン株式会社) 1 5. 4月. 1992 (15. 04. 92) (ファミリーなし)	11-14

様式 PCT/ISA/210 (第2ページの続き) (1998年7月)

## フロントページの続き

(81) 指定国 EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AP(GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), UA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW

(72) 発明者 高橋 亨

茨城県つくば市和台48 日立化成工業株式会社 筑波開発研究所内

(注) この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。

なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。